# MORPHOLOGIE

UND

# MECHANISMUS DER SKOLIOSE.

---

DER

MEDIZINISCHEN FAKULTÄT ZU WÜRZBURG

PRO VENIA LEGENDI

VORGELEGT VON

DR. JAKOB RIEDINGER.

---

MIT 51 ABBILDUNGEN.

---

WIESBADEN.
VERLAG VON J. F. BERGMANN.
1901.

# MORPHOLOGIE

UND

# MECHANISMUS DER SKOLIOSE.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549805_0127

# MORPHOLOGIE

UND

# MECHANISMUS DER SKOLIOSE.

---

DER

MEDIZINISCHEN FAKULTÄT ZU WÜRZBURG

PRO VENIA LEGENDI

VORGELEGT VON

Dr. JAKOB RIEDINGER.

---

MIT 51 ABBILDUNGEN.

ACAD
LIBRARY
BIBL.

---

WIESBADEN.
VERLAG VON J. F. BERGMANN.
1901.

Alle Rechte vorbehalten.

Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz, Würzburg.

# VORWORT.

Bei Gelegenheit einer Besprechung der im Jahre 1900 erschienenen Arbeit Albert's über den Mechanismus der skoliotischen Wirbelsäule im Centralblatt für Chirurgie (1900, No. 47) habe ich darauf hingewiesen, dass der von H. Meyer und Albert erbrachte Nachweis der Rotation an der skoliotischen Wirbelsäule noch nicht genüge, um die Lehre vom Mechanismus der Skoliose zum Abschluss zu bringen, sowie darauf, dass auf die mechanischen Theorien die statische folgen müsse, da der pathologische Anfangszustand der Deformität keine reine Gelenkbewegung darstellt. Der Beweis hiefür soll in der vorliegenden Arbeit erbracht werden. Dieselbe hat mich schon vor dem Erscheinen der Albert'schen Schrift beschäftigt, nachdem es mir nach entsprechender Auswahl einer Reihe pathologisch-anatomischer Präparate klar geworden war, dass es in der Litteratur nur an der richtigen Auffassung der einfachen statischen Vorgänge bei der Deformirung der Wirbelsäule gefehlt hat. Den Ausführungen Albert's bin ich deshalb mit grossem Interesse gefolgt, um so mehr, als sie geeignet waren, die litterarische Bearbeitung des Themas durch präcise Darstellung der Lehre vom Mechanismus der Skoliose, soweit sie sich entwickelt hatte, wesentlich zu vereinfachen. Die nothwendige Aufklärung über die Art der funktionellen Beanspruchung der Wirbelsäule bei der Entstehung der Skoliose fand ich jedoch bei Albert nicht. Es ist überhaupt in der Lehre von den Deformitäten in den letzten Decennien mehr von der funktionellen Anpassung als von der funktionellen Beanspruchung

die Rede gewesen. In letzterer haben wir aber die statische Ursache der Deformitäten zu suchen, wie ich an dem speciellen Beispiel der Skoliose zeigen will. Ich möchte damit nicht auch zu beweisen suchen, dass die konstitutionellen Ursachen gering zu schätzen sind. Es handelt sich hier nur um die „Mechanomorphose", eine Bezeichnung, die auch in der Pathologie der Deformitäten Verständniss finden dürfte.

Würzburg, Juni 1901.

Der Verfasser.

# INHALTS-VERZEICHNISS.


Seite

I. Die Morphologie der Skoliose, begründet durch die statische Theorie . . . . 1
II. Die Knickung . . . . . 5
III. Das statische Grundgesetz. Die skoliotische Kurve . . . . . 22
IV. Kritik der mechanischen Theorien . . . . . 26
V. Zusammenfassung . . . . . 52
VI. Morphologische Detailfragen . . . . . 54
Die Reflexion . . . . . 55
Die Rotation . . . . . 56
Die Inflexion . . . . . 58
Wirbelkörper . . . . . 61
Wirbelbogen . . . . . 63
Die Beziehungen zwischen Rotation und Inflexion . . . . . 68
Die Asymmetrie . . . . . 69
VII. Klinische Formen . . . . . 73


## Druckfehler.

Seite 7, Zeile 14 von oben lies: „pag. 14 und 15 und Fig. 9“ statt: „pag. 12 und 13 und Fig. 11“.
„ 13, „ 3 „ „ „ „sagittale“ statt: „sapittale“.
„ 15, „ 8 „ „ „ „Fig. 9“ statt: „Fig. 11“.
„ 29, „ 4 „ „ „ „Fig. 29 a b“ statt: „Fig. 33“.

# I.

# Die Morphologie der Skoliose, begründet durch die statische Theorie.

Die Morphologie der Skoliose gründet sich in erster Linie auf die Beschreibung derjenigen Abweichungen, welche durch die seitliche Verbiegung der Wirbelsäule zu Stande gekommen sind. Es liegt aber auch im Bereich ihrer Aufgabe, die Veränderungen, welche die Skoliose von Grad zu Grad durchläuft, zu erforschen und eine Erklärung zu finden für die mechanischen Vorgänge, welche beim Entwickelungsgang der Deformität zu erkennen sind.

An die Lehre von der äusseren Erscheinung einer seitlichen Verkrümmung der Wirbelsäule, wie einer Verkrümmung überhaupt, knüpft also unmittelbar an die Lehre vom Mechanismus derselben, weil wir uns stets fragen, wie die Abweichung von der Norm entstanden ist. Sind wir über den mechanischen Vorgang im Allgemeinen einmal in's Klare gekommen, dann ist die Beschreibung des makroskopischen Bildes allerdings wesentlich vereinfacht und erleichtert. Denn wir erkennen dann eine Gesetzmässigkeit in dem Aufbau desselben und die Reihenfolge der charakteristischen Merkmale lässt sich ohne grössere Schwierigkeiten herstellen. Nie werden wir uns aber den Mechanismus einer Skoliose ganz erklären können, wenn wir nicht wissen, welcher einfache Vorgang von Anfang an bei der Entstehung und bei der Weiterentwickelung der Deformität die entscheidende Rolle gespielt hat.

Wir wissen, dass jede Skoliose entsteht unter dem Einfluss der Belastung, und dass die Formänderung eine mechanische ist. Dass nämlich infolge der Belastung durch Druck seitliche Verschiebung, Asymmetrie und Bewegungen um gewisse Achsen, wie durch Untersuchungen verschiedentlich festgestellt worden ist, erzeugt werden können, vorausgesetzt, dass

ein Missverhältniss zwischen Belastung und Tragfähigkeit besteht, ist ohne Weiteres zuzugeben. Aber man sieht sich bei der Würdigung der auf diesen Untersuchungen aufgebauten Theorien immer wieder vor die Frage gestellt, nach welcher Regel eine Deviation, eine Asymmetrie oder eine Rotation erfolgt ist. Darüber gibt uns die deskriptive Methode keinen Aufschluss mehr, während die spekulative noch nicht bis zur letzten mechanischen Ursache vorgedrungen ist, da alle Theorien nur auf einen Punkt zurückführen sind, an welchem eine Form- oder Lageveränderung der Einzelwirbel schon deutlich erkennbar ist. Wir suchen aber gerade die Erklärung dafür, warum die Skoliose in ihren kleinsten Anfängen so entstehen muss, wie sie entsteht, zunächst ganz absehend davon, ob abnorme Knochenweichheit vorhanden ist oder nicht, und nur davon ausgehend, dass die Wirbelsäule einen elastischen Stab darstellt, der durch Belastung je nach der Zu- oder Abnahme der Elastizität und je nach seiner Befestigung graduell, aber nicht prinzipiell verändert wird.

Unsere Frage lautet also nicht nach der Ursache der primären Veränderungen, denn diese betrachten wir als eine mechanische, auch nicht nach dem Sitz derselben, denn wir setzen voraus, dass zur Skoliose in erster Linie die Deformation der Knochen gehört. Sie muss vielmehr dahin lauten, ob Druck **allein** die beschriebenen dynamischen Vorgänge im Verlauf der Skoliose, nämlich Rotation, Inklination, Reklination, Inflexion, Torsion u. s. w. erzeugt, oder ob noch eine andere Beanspruchung stattfindet. Mit der Untersuchung dieser Frage muss in der That die Lehre vom Mechanismus der Skoliose beginnen. Diese Frage ist es, welche H. Meyer[1]) bei der Aufstellung seiner Theorie ausser Acht liess, weshalb diese Theorie nicht Alles erklärt und vielen Anfechtungen ausgesetzt war, ebenso wie sie Albert[1]) ausser Acht gelassen hat, welcher der Meyerschen Theorie nach der langen Reihe von Jahren, während welcher sie verkannt wurde, wieder Anerkennung verschaffte. Durch Druck auf die Wirbelkörperreihe in der Richtung der Längsachse kann bei der eigenartigen, von H. Meyer näher untersuchten Konstruktion der Wirbelsäule wohl eine Rotation zu Stande kommen, welche sich in der Knochenstruktur als Torsion zu erkennen gibt. Aber es findet an der Wirbelsäule ausser Druck auch Durchbiegung statt. Indem also zur Druckspannung Biegungsspannung hinzukommt, wird die Wirbelsäule auf **Zerknickung** beansprucht. Die Knickung nach der Seite ist bei der Skoliose selbstverständlich, sie erfolgt in der Regel aber auch entweder nach vorwärts oder nach rückwärts. Die Knickung leitet die ganze Reihe der Erscheinungen ein, sie erklärt die Rotation, welche die Torsion der Wirbelkörper, und die Neigung, welche die Torsion der Wirbelbogen erzeugt. Der Nachweis der Knickung

[1]) S. Kapitel IV.

ist deshalb, wie wir sehen werden, von fundamentaler Bedeutung für das Verständniss des Mechanismus und mithin der Morphologie der Skoliose.

Von den mechanischen Vorgängen im Verlaufe der Skoliose sind es also vornehmlich die statischen, die uns interessiren, und die uns Veranlassung geben, von einer statischen Theorie der Skoliose zu reden. Deshalb betrachten wir auch zunächst die skoliotische Wirbelsäule als Ganzes.

Um den bei der Entstehung aller Skoliosen zu Grunde liegenden gemeinsamen Vorgang kennen zu lernen, ist der Vergleich einer Reihe pathologisch-anatomischer Präparate ein nothwendiges Erforderniss. Bis jetzt sind es aber meist Einzelwirbel gewesen, welche zu Betrachtungen über den Mechanismus der Skoliose Veranlassung gegeben haben, so dass Albert[1]) im Jahre 1896 sagen konnte: „Fast die ganze Pathologie der Skoliose ist aus der Betrachtung der Keilwirbel entwickelt worden.“ Der Effekt dieser Untersuchungsmethoden war der, dass die Rotation der Wirbelsäule in Abrede gestellt wurde, und man die Torsion ohne Rotation erklären zu können glaubte. So kam es auch, dass sich die Lehre von der primären Brust- und von der primären Lendenskoliose bis auf den heutigen Tag erhalten hat, wozu die Arbeit von Lorenz über die Pathologie und Therapie der seitlichen Rückgratverkrümmungen wesentlich beigetragen hat. Wenn wir aber aus der Wirbelsäule nur den einen oder den anderen Wirbel herausnehmen, um daran den Aufbau derselben zu studiren, so werden wir uns nur ein unvollständiges und unklares Bild von der Funktion des Ganzen entwerfen können.

Jedenfalls hat der Mangel an vergleichenden Untersuchungen pathologisch-anatomischer Präparate dazu beigetragen, dass das wichtigste Symptom der Skoliose, die seitliche Abknickung der Wirbelkörperreihe, zur Erklärung des Mechanismus der Skoliose nicht herangezogen wurde. Mit dieser seitlichen Abknickung der Wirbelkörperreihe beginnt aber jede Skoliose. Sie bedeutet eine Störung hinsichtlich der statischen Momente und es ist deshalb die Skoliose nicht in erster Linie auf ein Uebermass von Gelenkbewegungen zurückzuführen, wie auch nach der Meyer-Albert-schen Rotationstheorie noch anzunehmen wäre, welche zur Zeit als die massgebendste von allen mechanischen Theorien zu bezeichnen ist.

Wir werden nun also zunächst untersuchen, wie und in welchen Typen sich morphologisch an pathologisch-anatomischen Präparaten die Knickung darbietet und daraus bereits Ausblicke für den trotz der bisherigen Anschauung sehr einfachen Mechanismus der Skoliose gewinnen. Ferner werden wir untersuchen, welches statische Gesetz in diesem Mechanismus zu er-

[1]) Wiener med. Wochenschrift 1896, No. 22.

kennen ist. Die mechanischen Theorien werden wir einer eingehenden Kritik zu unterziehen haben. Leider war es nicht zu vermeiden, dass dieses Kapitel einen grösseren Umfang angenommen hat. Zu den mechanischen Theorien haben wir zwar auch die statische zu rechnen, da die Statik einen Theil der Mechanik darstellt. Die statische Theorie ist aber als eine Weiterentwickelung der mechanischen Theorien anzusehen, mit Hülfe welcher die Morphologie der Skoliose zu einem Abschluss noch nicht gelangen konnte, da ja das Initialsymptom der Verkrümmung, die Knickung, in der Erklärung der Skoliose bis jetzt fehlt.

Auch auf die Befunde am Einzelwirbel werden wir zu sprechen kommen. Am Schlusse unserer Betrachtungen werden wir die klinischen Formen zu analysiren suchen.

## II.

# Die Knickung.

Selbstverständlich ist auch die Beanspruchung auf Zerknickung zurückzuführen auf die Druckbelastung, und zwar sind Biegungsspannungen an der menschlichen Wirbelsäule schon bei normaler Belastung und normaler Festigkeit vorhanden, da der Querschnitt der Wirbelsäule im Verhältniss zur Länge derselben zu klein ist, um nur Druckspannungen zuzulassen. Von technischer Seite (Professor Carl Schmid in Stuttgart) ist nachgewiesen worden, dass ein Stab mit quadratischem Querschnitt, welcher nur das 3—5-fache der Dicke zur Länge hat, schon nicht mehr durch Zerdrücken zerstört werden kann, sondern vorher zerknickt. Man darf nur nicht glauben, dass ein gebogener Stab oder eine gebogene Säule nicht tragfähig ist. Diese bleiben tragfähig, solange die Druckbelastung über das zulässige Mass nicht hinaus oder die Knickfestigkeit unter das zulässige Mass nicht hinunter geht. Auch die Richtung der Belastung ist von Einfluss (centrische oder excentrische Belastung) und, worauf wir häufig zu sprechen kommen werden, die Art der Befestigung der Säule oder des elastischen Stabes. Im normalen Zustand ist das Material der knöchernen Wirbelsäule fest genug und ist die bilaterale Befestigung der Wirbelsäule stark genug, um eine Zerknickung nach der Seite hin zu verhüten. Eine permanente Durchbiegung nach der Seite, infolge deren die Wirbelkörper von der Medianebene weggedrängt werden, kann die Wirbelsäule also nur aufweisen, wenn ihre Knickfestigkeit vermindert ist.

Von welcher Bedeutung für die Knochenform die Beanspruchung auf Zerknickung auch am übrigen Knochensystem ist, haben wir hier nicht zu untersuchen. Das Genu valgum lässt sich beispielsweise auf dieselbe Beanspruchung zurückführen, wie überhaupt die Lehre von den Deformitäten von einem einheitlichen statischen Prinzip abgeleitet werden kann. Wir wollen aber die Wirkung der Beanspruchung auf Zerknickung, resp. der Durchbiegung nur an der skoliotischen Wirbelsäule kennen lernen.

Fig. 1 zeigt die hintere Ansicht einer skoliotischen Wirbelsäule mit folgenden Merkmalen. Zwischen dem 10. und 11. Brustwirbel, also ziemlich genau in der Mitte, ist die Wirbelsäule winkelig geknickt. Der Winkel ist ein stumpfer und misst 120 Grad. Er ist nach der rechten Seite hin offen, so dass die Konvexität der Skoliose links, die Konkavität derselben rechts gelegen ist. Die Abknickung ist eine ziemlich scharfe. In der frontalen Projektion ist der hintere Abschnitt des Atlas von dem am stärksten nach links ausschlagenden Dornfortsatz des 10. Brustwirbels 28 cm entfernt, ebenso viel die Spitze des Steissbeines. Die Wirbelsäule ist somit in zwei Schenkel abgetheilt, welche winkelig zusammenstossen. Die Schenkel bilden je einen flachen Bogen, welche in bekannter Weise so gedreht sind, dass die Wirbelkörper nach der Seite der Konvexität hin gerichtet sind. An der konvexen Seite der Knickungsstelle ist ein kürzerer Bogen vorhanden. Derselbe wird nur von den aus der Mittellinie hinausgedrängten Körpern des 10. und 11. Brustwirbels gebildet. Die Abknickung liegt aber genau zwischen diesen beiden Wirbeln. Der Dornfortsatz des 11. Brustwirbels gehört noch dem unteren Schenkel an, während der Dornfortsatz des 10. Brustwirbels durch seine Neigung bereits seine Zugehörigkeit zum oberen Schenkel erkennen lässt. Im Winkel der Konkavität liegt das deforme Gelenk zwischen dem absteigenden Gelenkfortsatz des 10. und dem aufsteigenden Gelenkfortsatz des 11. Brustwirbels der rechten Seite. Die Lage des Gelenkes ist fast nur noch erkennbar an der Insertion der 11. Rippe, welche, indem sie sich der Seitenneigung der oberen Rippen nach rechts noch anschliesst, sich mit der 12. Rippe kreuzt.

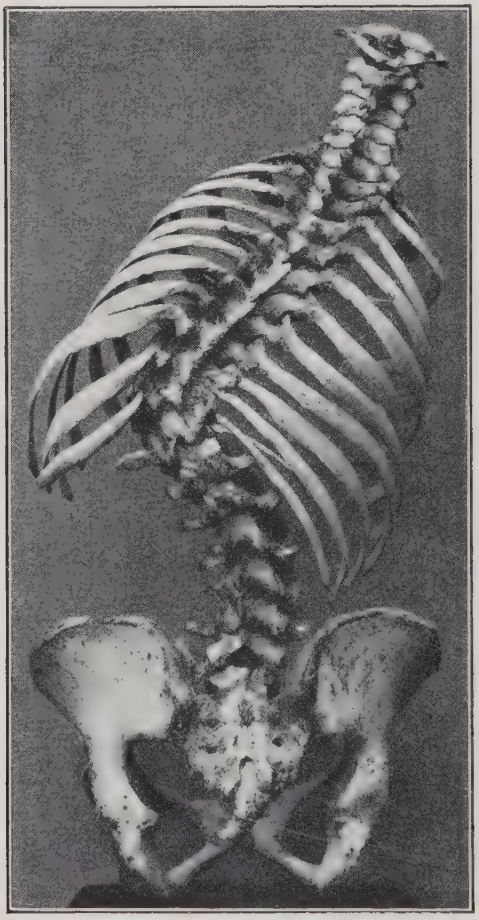

Fig. 1.

Verbindet man die Mitte der Querfortsätze des 10. und der des 12. Brustwirbels in der frontalen Projektion durch je eine Linie, so schneiden

sich die verlängerten Linien in der Konkavität der Verkrümmung in einem Winkel von 75 Grad. Die Linie, welche die Querfortsätze des 11. Brustwirbels verbindet, verläuft horizontal.

Auf der Höhe der Konvexität liegt der Ansatz der linken 11. Rippe, welche ebenfalls die gleiche Richtung hat wie die oberhalb derselben gelegenen Rippen und gesenkt ist, während die 12. Rippe die horizontale Richtung einzuhalten strebt. Bemerkenswerth ist der verhältnissmässig grosse Abstand der 10. und 11. Rippe an der Wirbelsäule auf Seite der Konvexität. Derselbe beträgt 3,5 cm, während er auf Seite der Konkavität nur 0,3 cm beträgt. Es ist also nicht allein Neigung der beiden Schenkel der Skoliose gegen einander nachzuweisen, sondern auch Kompression und Raumverminderung auf der konkaven, Dehnung und Raumvermehrung auf der konvexen Seite. An der Dehnung nimmt aber das Knochengewebe, dessen Elasticität ja vermindert ist, nicht Antheil (pag. 12 und 13 und Fig. 11). Andererseits erfolgt die Dehnung der elastischeu Elemente durch Verschiebung von Knochenmasse nach der Konvexität hin. Auch die Distanz der Querfortsätze ist auf der konvexen Seite überall grösser als auf der konkaven. Wo die Wirbelsäule winkelig geknickt ist, findet sich dieses Verhältniss deutlicher ausgeprägt als da, wo nur flache Bogen bestehen, nämlich an jedem der beiden Schenkel.

An der Lendenwirbelsäule ist deutlich zu erkennen, dass die Neigung der Wirbelkörper nach links infolge der Abknickung stärker ist, als die Neigung der Wirbelbogen. An der Brustwirbelsäule ist dieser Unterschied ebenfalls zu erkennen, wenn auch weniger deutlich wegen der dazwischen liegenden Rippen. Unterhalb der Knickungsstelle sind die Wirbelkörper nach links geneigt, die Bogen sind, wie die Stellung der Querfortsätze zeigt, scheinbar nach rechts gedreht. Oberhalb der Knickungsstelle treffen wir auf das umgekehrte Verhältniss: Neigung der Wirbelkörper nach rechts, Drehung der Wirbelbogen nach links. Wir können jetzt schon sagen, dass in der Wirbelbogenreihe sich ein Widerstand zu erkennen gibt, der nicht nur der Seitenabweichung, sondern auch der Neigung der Wirbelkörper entgegenwirkt.

Der Dornfortsatz des 10. Brustwirbels ist von der Medianebene, welche vom Becken aus konstruirt werden kann, 4 cm entfernt, während die Entfernung des Dornfortsatzes des 7. Halswirbels von der Medianebene auf der entgegengesetzten Seite 7 cm beträgt. Diese Verschiebung des oberen Endes der Wirbelsäule nach rechts ist auf excentrische Belastung der Wirbelsäule zurückzuführen.

Dass nicht nur eine Verbiegung der Wirbelsäule vorliegt, sondern eine Knickung des ganzen Rumpfes, beweist die Seitenneigung des mit dem oberen Schenkel verbundenen Thorax, was wir vorläufig nur konstatiren wollen.

Bei der Betrachtung von vorn (Fig. 2) ist noch deutlicher die Abknickung zwischen dem 10. und 11. Brustwirbel zu erkennen. Die Grenze zwischen den beiden an der Knickungsstelle zusammentreffenden, flügelartigen Schenkeln der Wirbelsäule ist an der Zwischenwirbelscheibe leicht zu finden. An der Konkavität ist letztere stark komprimirt, an der Konvexität stark gedehnt, ausserdem ist sie zur Seite geschoben. Die Lippenform ist an der Konkavität deutlich ausgeprägt, während sie an der Konvexität verschwunden ist. Ein einzelner Keilwirbel ist somit nicht vorhanden. Der 10. Brustwirbel als der unterste Abschnitt des oberen Schenkels der Skoliose und der 11. Brustwirbel als der oberste Abschnitt des unteren Schenkels derselben sind einseitig gegen einander gepresst. Hier ist die Wirbelsäule gewissermassen gebrochen — geknickt, ein Effekt, der nicht immer so weit gediehen ist, wie in dem vorliegenden Fall. Wenn die Wirbelsäule sich nur biegen, aber nicht knicken lässt im gewöhnlichen Wortsinn, so wird eine Wellenform zu Stande kommen, während wir hier von einer Kegelform sprechen können. Zerknickungsspannungen sind bei der Skoliose jedoch immer vorhanden, es braucht die Wellenform sich zur Kegelform nicht zu erheben.

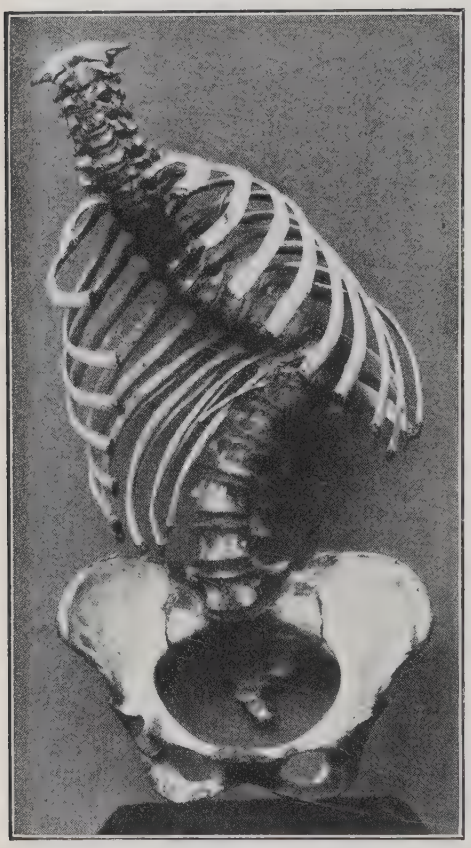

Fig. 2.

Von vorn betrachtet, hinterlässt die Wirbelsäule den Eindruck, dass sie in ihrem oberen Abschnitt bei der Abknickung eine Drehung um ihre Längsachse nach rechts hin ausführte, während die Konvexität der Abknickungsstelle sich um eine senkrechte Achse nach links drehte. Das macht sich auch bemerkbar in der Torsion der Wirbelkörperreihe und in der auch nach vorn hin stattgefundenen Abknickung (Fig. 3).

Den Querschnitt an der Wirbelsäule, an welchem die Abknickung erfolgte, sehen wir also nach links und nach hinten abgeschwenkt. In dieser Abschwenkung, Drehung oder Rotation muss die Ursache der Torsion der Wirbelkörper in der Längsrichtung zu finden sein. Die Torsion der Wirbelkörper geht demnach von der Mitte der Wirbelsäule aus, und zwar

von einem Querschnitt, welcher eine rotatorische Bewegung ausgeführt hat. Somit ist leicht ein Unterschied zu finden zwischen Rotation und Torsion.

Nun findet während der Rotation um die Längsachse infolge der Abknickung noch eine zweite Bewegung statt, nämlich eine Drehung um eine sagittale Achse, welche ganz allgemein als Neigung bezeichnet werden kann. Diese Drehung gegen die Wirbelbogen betrifft hauptsächlich die Wirbelkörper oberhalb und unterhalb der Abknickungsstelle. Es entsteht somit ebenfalls eine Torsion, aber eine Torsion in horizontaler Richtung. Torsion ist somit der Widerstand, welcher sich einerseits der Drehung um die Längsachse, andererseits der Drehung um eine quere Achse entgegensetzt. Vergleichen wir einen beliebigen, ausserhalb der centralen Rotationsstelle gelegenen Querschnitt mit einem Rad, so führt dieser Querschnitt bei der Rotation eine sogenannte Raddrehung, bei der Neigung eine sogenannte Speichendrehung aus. Diese beiden Bewegungen liegen dem Mechanismus der Skoliose zu Grunde, ihre Ursache liegt aber in der Knickung.

Fig. 3.

Zu erwähnen ist noch die ebenfalls bei der Betrachtung des Präparates von vorn (Fig. 2) sich zu erkennen gebende und der Abknickung entsprechende, ziemlich starke Neigung der oberen und unteren Apertur des Thorax (transversale Torsion des Brustkorbs). Ausserdem muss hervorgehoben werden, dass der Winkel, der durch Abknickung der Wirbelkörperreihe entstanden ist, bei der Betrachtung von vorn um 20 Grad kleiner ist, als der Winkel, den die Dornfortsatzreihe bei der Betrachtung von hinten erkennen lässt. Der Grund hiefür ist der, dass die Körperreihe einen weiteren Bogen beschreibt als die Dornfortsatzreihe. Der Winkel, der sich aus der seitlichen Betrachtung ergibt (Fig. 3), beträgt ebenfalls etwa 120 Grad. Wir sehen ferner, welcher Einfluss aus der Knickung sich für die Form der Wirbelsäule im Allgemeinen ergeben hat. Die normale Kyphose der Brustwirbelsäule ist nämlich verschwunden. An ihre Stelle ist eine Lordose getreten. Die Lordose der Lendenwirbel-

säule greift auch auf die beiden unteren Brustwirbel über, sich dadurch verlängernd.

Das Becken charakterisirt sich als plattes rachitisches Becken. Die Conjugata vera ist verkürzt und der quere Durchmesser des Beckeneinganges verlängert. Das Kreuzbein ist um seine Querachse nach vorn gedreht. Der Beckenausgang ist dadurch erweitert. Das Steissbein weicht nach der linken Seite ab.

Fig. 4.

Ein ausserordentlich instruktives Beispiel für die Abknickung der skoliotischen Wirbelsäule erbringt das Präparat, welches in Fig. 4 abgebildet ist. Die Abknickung ist hier noch schärfer ausgebildet, da die beiden lordotischen Schenkel etwa rechtwinkelig in der Wirbelkörperreihe auf einander stossen. Die Stelle der Abknickung ist im Vergleich mit dem zuerst beschriebenen Präparat weiter unten gelegen, nämlich zwischen dem 12. Brust- und dem 1. Lendenwirbel. Die Wirbelsäule ist ebenfalls nach vorn und nach der rechten Seite hin abgeknickt. Die Kyphose überwiegt aber hier die Skoliose, weshalb auch die Torsion weniger stark ausgeprägt ist. Die stärkste Deformation durch Pressung erfolgte nicht, wie bei dem ersten Präparat infolge der stärkeren Rotation, nach den Gelenkfortsätzen hin, sondern in der diagonalen Richtung nach vorn, rechts und unten. An der Stelle der stärksten Pressung rechts vorn ist von der Substanz des 1. Lendenwirbels nichts mehr zu sehen, während sie nach rückwärts von dieser Stelle zwei Keile bildet, einen kleineren auf der konkaven und einen grösseren auf der konvexen Seite. Der 2. Lendenwirbel ist auf der konkaven rechten Seite nur als schmale Leiste sichtbar und ebenfalls keilförmig gestaltet. Am 3. Lendenwirbel ist der obere Rand nach rechts abgeschrägt. Der 4. Lendenwirbel ist Uebergangswirbel und der 5. Lendenwirbel ist nach links abgeschrägt. Die Lendenwirbelsäule ist an ihrer oberen Grenze nach rückwärts und nach der linken Seite hin gedrängt, so dass der 2., 3. und 4. Lendenwirbel eine starke geneigte Lage einnehmen. Dagegen hat das Kreuzbein eine Drehung nach vorn ausgeführt und die Beckenneigung ist erhöht. Zwischen dem Kreuzbein und dem untersten Lendenwirbel ist in Folge dessen ebenfalls eine Abknickung zu Stande gekommen.

Dieselbe misst 60 Grad in der Sagittalebene und etwa 25 Grad in der Frontalebene. Die Abknickung der Wirbelsäule am Uebergang in das Kreuzbein, resp. die Drehung des Kreuzbeines nach vorn hat wiederum eine Abknickung des Steissbeines nach vorn um fast 90 Grad zur Folge. Trotz der Drehung des Kreuzbeines nach vorn ist das Becken längs gespannt und trichterförmig. Der Querdurchmesser des Eingangs ist verkürzt, die Conjugata vera ist verlängert. Der Druck, der seitens der Oberschenkelköpfe medianwärts ausgeübt wurde, gibt sich zu erkennen an der Annäherung der Hüftgelenkpfannen und an der halbkugeligen Vorwölbung derselben in die Beckenhöhle. Das Becken weicht also in wesentlichen Punkten von dem von Breisky[1]) beschriebenen kyphotischen Becken ab. Das Kreuzbein ist nämlich nicht zur Kompensation der Kyphose herangezogen worden, da es nicht eine Drehung nach rückwärts, sondern eine solche nach vorwärts ausführte.

Der 12. Brustwirbel ist ebenfalls keilförmig deformirt, und zwar hauptsächlich in seiner unteren Hälfte. Dieser Wirbel bildet aber bereits die Grundlage der darüber liegenden Lordo-Skoliose der Brustwirbelsäule. Letztere Verkrümmung stellt sich dar als einen in Bezug auf seine Sehne senkrecht aufgestellten Bogen, der um seine Sehne zugleich nach der Konvexität hin (nach rechts) torquirt ist. Der Bogen endet oben am ersten Brustwirbel, auf welchem die Halswirbelsäule in senkrechter Richtung aufgebaut ist. Der 1. Brustwirbel ist ähnlich deformirt wie der 1. Lendenwirbel. Auf der rechten, konkaven Seite ist von diesem Wirbel in der Körperreihe nichts zu finden, auf der konvexen Seite ist nur ein kleines, keilförmiges Stück vorhanden. Der Wirbelkörper ist verkümmert und aus Mangel an Raum fast ganz absorbirt. In der Bogenreihe ist von diesem Vorgang nichts zu bemerken. Die Spannweite des Bogens beträgt 14, die Höhe desselben 4 cm. Zu bemerken ist noch, dass die Hüftgelenkpfannen nach oben ziemlich stark ausgeweitet sind. Die obere Grenze der rechten Hüftgelenkpfanne steht um 1 1/2 cm höher als die obere Grenze der linken, woraus der Schluss gezogen werden kann, dass das rechte Bein das stärker belastete Bein während des Lebens gewesen ist.

Die Abbildung lässt auch erkennen, dass die Kraftrichtung, welche bei der Deformation vorhanden war, mehr eine centrische als eine excentrische gewesen ist, trotzdem die Abknickung unterhalb der Mitte der Wirbelsäule ihren Sitz hat und der obere Schenkel einen längeren Hebelarm darstellt. Fig. 5 beweist, dass die Verhältnisse in dieser Beziehung sehr verschiedengestaltig sein können. Wir sehen hier ein Präparat, das ebenfalls eine Abknickung am Uebergang der Lenden- in die Brustwirbelsäule aufweist. Die

---

[1]) Breisky, Ueber den Einfluss der Kyphose auf die Beckengestalt. Medizinische Jahrbücher 1. Heft 1865.

Abknickung ist schon mehr eine bogenförmige und es sind an der Abknickungsstelle 4 Wirbel keilförmig gestaltet, nämlich der 11. und 12. Brust- und der 1. und 2. Lendenwirbel.

Die Kantenpressung auf der konkaven Seite ist hier eine geringere, die Torsion dafür eine stärkere, weil 4 Wirbel einen höheren Bogen beschreiben müssen als 2. Der obere Schenkel der Verkrümmung ist stark nach vorn und nach der rechten Seite hin gesenkt. Die Halswirbelsäule ist schräg gestellt. Die Abknickung zwischen dem Kreuzbein und dem 5. Lendenwirbel in der sagittalen Ebene ist eine geringere, weil die Skoliose stärker als die Kyphose ausgebildet ist. Das Becken ist platt und schräg verengt. Der schräge Durchmesser des Beckeneingangs, der von rechts vorn nach links hinten gerichtet ist, misst 13,5 cm, während der von links vorn nach rechts hinten gehende schräge Durchmesser 12,25 cm misst. Die durch die Symphyse in vertikaler Richtung zu legende Ebene weicht oben nach rechts ab, während die Medianebene des Kreuzbeines nach links geneigt ist, ein Zustand, der als transversale Torsion des Beckens bezeichnet werden kann und sein Analogon findet in der verschiedenartigen Neigung und Drehung der Wirbelkörper und Wirbelbogen. Diese Verschiedenartigkeit ist auch an dem Präparat der Fig. 5 deutlich zu erkennen. Die Wirbelkörper der Lendenwirbelsäule sind nämlich stark nach links geneigt, die entsprechenden Wirbelbogen nach rechts gedreht. Oberhalb der Abknickungsstelle sind die Bogen nach links gedreht, während die Körper nach rechts geneigt sind.

Fig. 5.

Wir sehen also auch hier, dass es die Neigung ist, welche die eigenartige Stellung der Wirbelkörper zu den Wirbelbogen, resp. die Torsion in horizontaler Richtung verursacht, dagegen nicht der Einfluss der Konvexität oder Konkavität. Denn in letzterer Hinsicht sehen wir z. B., dass in Fig. 1 und in Fig. 2 die Konvexität des unteren Schenkels der geknickten Wirbelsäule nach rechts hin gerichtet ist, dass dann die Körper nach links

geneigt und die Bogen nach rechts gedreht sind. In Fig. 6 ist die Konvexität des kurzen unteren Schenkels nach links gerichtet, aber die Neigung (d. h. Drehung um eine sapittale Achse) der Körper geht hier unterhalb der Knickungsstelle gleichfalls nach links, dementsprechend die Drehung der Bogen nach rechts.

Wir gelangen aber damit zur Ueberzeugung, dass die Bogenreihe der stabilere Abschnitt der Wirbelsäule ist und dadurch jede Drehung der Körperreihe zu verhindern sucht. Dieser Widerstand ist natürlich nicht stark genug, um die Abknickung der Bogenreihe ganz zu verhindern, so dass schliesslich auch eine Neigung der Bogen gegen einander zu Stande kommen muss, wie in all diesen Präparaten ausgesprochen ist. Die Bogenreihe ist nur weniger stark geknickt als die Körperreihe.

Fig. 6.

An dem zuletzt erwähnten Präparat können wir ausserdem noch folgende weitere Beobachtungen machen (Fig 6).

Die Knickungsstelle liegt zunächst noch etwas tiefer als bei den übrigen, schon angeführten Präparaten. Bei oberflächlicher Betrachtung macht sich der stärkste Effekt der Abknickung nicht an der Grenze zwischen zwei Wirbelkörpern geltend, sondern an der Substanz eines Wirbelkörpers selbst, nämlich des 3. Lendenwirbels. Derselbe ist in seiner linken Hälfte eingeknickt, während zugleich die obere Hälfte von der unteren Hälfte nach der konvexen Seite hinüber gedrängt erscheint. Die Verschiebung ist keine rein horizontale, sondern sie erfolgt in diagonaler Richtung von rechts oben nach links unten. Deshalb ist an der Konvexität der untere Rand des 3. Lendenwirbels fast um 1 cm weiter nach der linken Seite hin abgewichen als der obere Rand des 4. Lendenwirbels. Auch der 2. Lendenwirbel ist von dem darüber liegenden 1. Lendenwirbel durch Druck zur Seite geschoben und der rechte untere Rand des Körpers des 12. Brustwirbels ist über dem rechten oberen Rand des Körpers des 1. Lendenwirbels überhängend. Das macht uns wieder den Eindruck, dass die Abknickung doch zwischen dem 2. und 3. Lendenwirbel stattfand, dass dagegen die elastische Intervertebralscheibe weniger kompressibel war als die Knochensubstanz der zwei an der Grenze der Abknickung gelegenen Wirbelkörper. So viel dürfen wir als feststehend annehmen, dass die Abknickung mit Vorliebe an der Grenze zweier Wirbel einsetzt, weil ja hier die Wirbelsäule beweglicher ist, und dass die weiteren Veränderungen von der grösseren oder geringeren Plasticität der Wirbelkörper abhängt.

In Fig. 6 sind die beiden an der Grenze der Aknickung gelegenen Wirbelkörper, zwischen denen nach technischen Begriffen der gefährliche Querschnitt bei der Abknickung zu suchen ist, keilförmig nach der konkaven Seite hin abgeschrägt. Die Knochenmasse drängt sich nach der Richtung des Druckes in der Konkavität zusammen. Schematisch ist die Richtung, in welcher sich der Druck fortpflanzt, in einem Fachwerkträger darzustellen. Die Diagonalen *a b* und *a c* in Fig. 7 deuten diese Richtung an. In *a* stossen die Diagonalen dachförmig auf einander und hier herrscht der grösste Druck, wenn die Einknickung nach der Seite von *a* hin stattfindet. Würde die Formänderung langsam und stetig fortschreiten, so käme es zur Ausbildung eines Keiles mit der Spitze *a* (Fig. 8). In dem Fachwerkträger kreuzt sich aber nun die Richtung des Zuges mit der des Druckes. Der Zug wirkt in der Richtung der Diagonalen *d e* und *d f* und ist am grössten in *d*. Der Punkt *d* ist zugleich die Stelle, an welcher am leichtesten eine Kontinuitätstrennung eintreten würde, wenn es zum Bersten käme und es sich um eine Masse von überall gleicher Elasticität handeln würde. Bei dieser Zerstörung würde ein Stück in Keil- oder Pyramidenform ausgesprengt werden, dessen Spitze auf der Zugseite gelegen wäre.

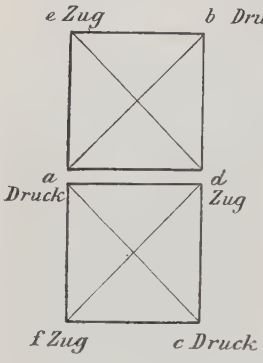

Fig. 7.

Wir begreifen somit den mächtigen Horizontalschub, der bei der verschiedenartigen Freiheit des vorderen und hinteren Abschnittes der

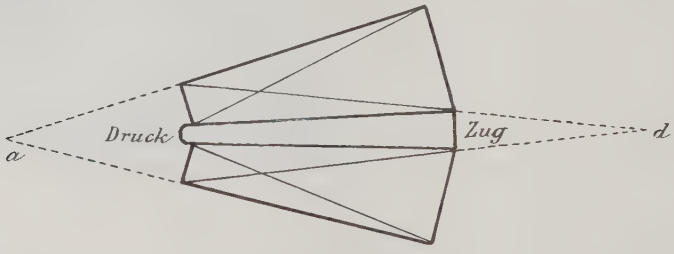

Fig. 8.

Wirbelsäule hinsichtlich der seitlichen Bewegung mit der rotirenden Kraft identisch ist, und der dadurch entsteht, dass die in der Konkavität zusammengedrückte elastische Knochenmasse keilförmig nach der Konvexität hin auszuweichen sucht (Fig. 8 *d*). Darin findet auch die Struktur des Knochens ihre Erklärung. Die schiefe Faserung der Corticalis, in welcher Lorenz den Ausdruck der Torsion vermuthete, ist zunächst nur der Ausdruck des Horizontalschubes. Ebenso verhält es sich mit der Lorenz-schen „Abknickung“, mit der Nicoladoni'schen „Frontschwenkung“ und schliesslich auch mit der Albert'schen „Einrollung“.

Der Horizontalschub ist nicht in allen Schichten von vorn nach hinten gleich stark, sondern er ist auch am Wirbelkörper vorn grösser als hinten. An porösen Präparaten können wir die Beobachtung machen, dass es Bälkchenzüge gibt, welche diagonal von der einen Hälfte nach der anderen hinüberziehen und die Mittellinie kreuzen. Verfolgen wir diese Bälkchenzüge von den Schrägwirbeln aus nach oben und nach unten, so sehen wir sie in Gestalt einer Leiste über die Vorderfläche der Wirbelsäule von Seite zu Seite ziehen (Fig. 11). Sie bezeichnen die Richtung, in welcher es zum Bruch kommen würde, wenn die Masse spröde genug wäre. Sie deuten ausserdem, wie später erklärt wird, die ursprüngliche vordere Mittellinie der Wirbelkörper an.

Fig. 9.

Der Charakter der Abknickung ist an dem Präparat, welches in Fig. 9 abgebildet ist, demnach der gleiche wie an dem zuvor erwähnten Präparate der Abbildung 6. Nur folgende Unterschiede sind vorhanden, die aber für den Mechanismus der Verkrümmung von nebensächlicher Bedeutung sind. Die Abknickung liegt in Fig. 9 zwischen dem 1. und 2. Lendenwirbel und ist sofort daran zu erkennen, dass die zwischen diesen Wirbeln gelegene Bandscheibe auf der Höhe der Konvexität am stärksten gedehnt, an der Konkavität am stärksten gepresst ist. Da Knochen und Intervertebralscheibe nicht die gleiche Plasticität aufweisen, so lagert sich die Intervertebralscheibe zungenartig in die Konkavität hinein. Dadurch entstehen an den Seitenflächen der Wirbelkörper stärkere Einkerbungen und die Wirbelkörper werden keilförmig zugeschärft. Es kommt hiebei zu einer Art „Lippenbildung“, wie Schulthess in einem anderen Zusammenhang sich ausdrückt.

Die Kompression des 2. Lendenwirbels ist ferner im letzten Falle (Fig. 9) eine geringere als die Kompression des 3. Lendenwirbels im vorhergehenden Falle (Fig. 6). Dagegen ist die Torsion in Fig. 9 eine stärkere, resp. die Rotation, welche dadurch zu Stande kam, dass der Horizontalschub in der Körperreihe grösser war als in der Bogenreihe, wie dies ja immer der Fall ist. Der hier verhältnissmässig stärkere Horizontalschub und die geringere Kompressionsfähigkeit der Wirbelkörper brachten eine stärkere Seitenverschiebung des 2. Lendenwirbels zu Stande.

Diese Veränderungen sind es aber nicht, auf welche wir noch besonders hinweisen wollten. Es soll vielmehr hervorgehoben werden, dass am Präparat der Fig. 6, wie auch am Präparat der Fig. 9, ausser einer seitlichen Knickung auch eine Knickung nach rückwärts zu erkennen ist.

Die normale Lordose ist also durch Knickung verstärkt, was so viel sagen will, dass die zu Grunde liegende Skoliose keine Kypho-Skoliose, sondern eine Lordo-Skoliose darstellt. In den übrigen Fällen war an der Knickungsstelle deutlich eine Kyphose nachzuweisen, eine seitlich verschobene Kyphose. Hier erfolgte die seitliche Verschiebung und Drehung einer Lordose und damit die Senkung der Lendenwirbelsäule nach vorn im Gegensatz zur Abknickung der Wirbelsäule am Kreuzbein bei den kyphotischen Fällen. Aus der Senkung der Lendenwirbelsäule nach vorn oder aus der Abknickung derselben am Kreuzbein nach rückwärts erklärt sich auch die verschiedenartige Neigung der Wirbelkörper bei gleicher Richtung der Konvexität.

Fig. 10.

In Fig. 10 sehen wir eine Wirbelsäule, welche ausserordentlich stark nach rechts zusammengedrückt ist. Die Distanz zwischen den Dornfortsätzen des 7. Halswirbels und des 5. Lendenwirbels beträgt nur 24 cm, obwohl das Präparat von einer erwachsenen Person stammt. Die Dornfortsätze des 9. und 10. Brustwirbels, welche am weitesten von der Medianebene nach links abgewichen sind, sind von letzterer 4 cm entfernt. Die Entfernung des Dornfortsatzes des 1. Brustwirbels von dieser Ebene auf der rechten Seite beträgt 6 cm. Die Abknickung ist eine bogenförmige, die Spannweite des Bogens, an den Uebergangswirbeln gemessen, beträgt aber nur 4 cm, wogegen die Höhe 6 cm misst. Der Horizontalschub hat eine hochgradige Rotation des Scheitels zu Stande gebracht, welcher in der Mitte der ganzen Wirbelsäule gelegen ist. Die stärkste Rotation findet sich am 11. Brustwirbel, der eine Drehung von 120 Grad um die Längsachse ausgeführt hat. Die Abknickungsstelle ist zugleich stark nach rückwärts geschoben. Wegen des verhältnissmässig hohen Sitzes derselben ist aber die Abknickung am Kreuzbein nur eine mässige und ziemlich stumpfe. Die Halswirbelsäule strebt der senkrechten Richtung zu. Die

Rippen sind in bekannter Weise hinsichtlich ihrer Richtung und Form hochgradig verändert. Auf der konkaven Seite reichen sie bis ins Becken hinein. Das Becken ist symmetrisch, längsgespannt, trichterförmig und platt. Die linke Hüftgelenkpfanne steht jedoch höher als die rechte. Das Verhältniss der Wirbelkörper zu den Wirbelbogen hinsichtlich der Neigung ist das gleiche wie in den früheren Fällen.

Fig. 11.

Betrachten wir nun Fig. 11. Sie zeigt eine Skoliose von rückwärts, bei welcher der Effekt der Knickung weniger deutlich ausgesprochen ist. Somit ist der Grad der Deformität ein geringerer. Die Brustwirbelsäule bildet einen skoliotischen Bogen nach links. Die Sehne des Bogens zwischen dem Dornfortsatz des 7. Halzwirbels und dem des 10. Brustwirbels hat eine Länge von 17 cm. Die Distanz zwischen dem Dornfortsatz des 10. Brustwirbels und dem des 5. Lendenwirbels beträgt 12 cm. Das rechtskonvexe Lendensegment ist flacher als das linkskonvexe Brustsegment. Der Dornfortsatz des 6. Brustwirbels ist bei richtiger Einstellung des Präparates am weitesten nach links (3 cm), der des 4. Lendenwirbels am weitesten nach rechts (1,5 cm) abgewichen. Das Brustsegment ist zugleich kyphotisch, das Lendensegment zugleich lordotisch gestaltet. Die Neigung der Wirbelkörper ist hier geringer als in den früheren Fällen, weshalb auch die Drehung der Wirbelbogen um eine sagittale Achse weniger stark ausgeprägt ist. Die Körper zeigen eine Neigung nach links, die Bogen eine Drehung nach rechts. Weil der Centralpunkt der Skoliose weiter oben seinen Sitz hat und die Kyphose eine verhältnissmässig geringgradige ist, so ist auch die Abknickung am oberen Ende des Kreuzbeines kaum deutlich ausgesprochen. Das Kreuzbein ist um seine Querachse nach vorn gedreht (Fig. 12), das Becken ist schräg verengt. Der grösste Durchmesser des Beckeneinganges geht von rechts hinten nach links vorn und misst 14 cm, während der sich mit diesem kreuzende schräge Durchmesser $12^1/_4$ cm beträgt. In Fig. 5, wo nur der Centralpunkt der Skoliose weiter unten sass, stellte sich das Verhältniss im umgekehrten Sinne dar.

Eine bestimmte Regel ist demnach in dieser Beziehung für die Morphologie nicht aufzustellen.

Dass in dem Präparat, welches durch die Figuren 11 und 12 dargestellt wird, die Brustskoliose einen kürzeren, höheren, die Lendenskoliose einen längeren, flacheren Bogen bildet, und dass der Scheitel der mittleren Krümmung, also die Abknickungsstelle, oberhalb der Mitte der ganzen Wirbelsäule gelegen ist, findet seine Erklärung darin, dass die Knickfestigkeit der Wirbelsäule noch eine derartig gleichmässige und hohe war, dass sich das Verhältniss des grösseren Querschnittes der Lendenwirbelsäule zu dem kleineren Querschnitt der Brustwirbelsäule geltend machen konnte. In der unteren Hälfte konnte die Wirbelsäule wegen dieses grösseren Querschnittes einen grösseren Widerstand der Zerknickung oder Ausbiegung entgegensetzen als in der oberen Hälfte. Andererseits ist die Widerstandsfähigkeit der Wirbelsäule im Ganzen noch eine derartige gewesen, dass nur eine bogenförmige Verkrümmung entstehen konnte.

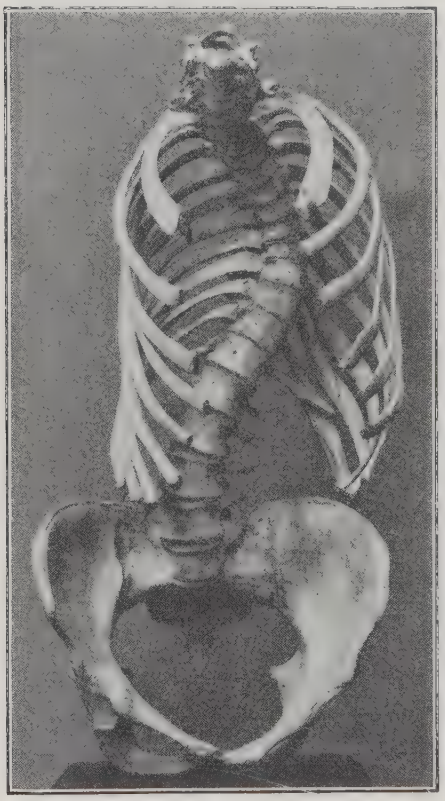

Fig. 12.

Wir haben oben gesehen, dass die Drehung der Wirbelbogen im umgekehrten Verhältniss steht zur Neigung der Wirbelkörper, dass dieses Verhältniss jedoch nicht beeinflusst wird von der Rotation oder Torsion um die Längsachse der Gesammtwirbelsäule, somit auch nicht von der Konvexität oder Konkavität. Wir haben dies an Präparaten nachgewiesen, welche eine ziemlich scharfe Abknickung nach rückwärts erkennen liessen. Wir wollen nur noch ein Präparat anführen, an welchem die Abknickung nach rückwärts weniger scharf ausgeprägt ist. Ein solches Präparat ist in Fig. 13 abgebildet. Hier ist die Lordo-Skoliose eine bogenförmige. Es wird auch an diesem Beispiel erklärlich, dass grössere Nachgiebigkeit des Materials zwar einen schärferen Winkel, aber eine geringere Rotation erzeugt. Es entstehen auf diese Weise die mannigfachsten Formen.

Es dürfte sich kaum ein Präparat ausfindig machen lassen, in dem die Lenden- und die Brustskoliose gleichen Schritt halten. In der Regel

prävalirt entweder die eine oder die andere und verleiht dem Ganzen ein bestimmtes Gepräge. Die Frage, in welche Kategorie eine Skoliose einzureihen ist, kann immer leicht beantwortet werden, wenn wir wissen, wo die Wirbelsäule geknickt oder am meisten auf Biegung beansprucht ist. Es bietet keine Schwierigkeiten, diese Frage an den bisher vorgeführten Präparaten zu beantworten. Natürlich kommen Variationen hinsichtlich des Sitzes der einzelnen Krümmungen je nach der Verschiedenheit der äusseren Kräfte vor. Aber die Präparate zeigen uns unzweideutig, dass Durchbiegung und Knickung auf denselben Mechanismus zurückzuführen sind und graduell, nicht prinzipiell sich verändern.

Vergleicht man also z. B. die in Figur 1 und in Figur 11 abgebildeten Skoliosen, so ist zweifellos an beiden Präparaten die Beanspruchung auf Zerknickung zu erkennen. Vielleicht würde die Betrachtung des zweiten Präparates allein (Fig. 11) weniger den Eindruck der Knickung hervorrufen. Dadurch dass es aber in Parallele gesetzt wird mit dem ersten Präparat (Fig. 1), an dem die Knickung unverkennbar zum Ausdruck gelangt, wird es klar, dass an beiden Wirbelsäulen dieselbe deformirende Kraft wirksam war, dass jedoch wegen der Verschiedenartigkeit des Materials und der Kraftrichtung graduelle Unterschiede bestehen. In dem einen Fall bot die Wirbelsäule der zerknickenden Kraft weniger Widerstand entgegen als in dem anderen Fall. In dem einen Fall ist deshalb ein scharfer Winkel entstanden, in dem anderen nur ein Bogen, weil im letzteren Fall das Material widerstandsfähiger, resp. das Biegungsmoment kleiner war. Die Knickung der Wirbelsäule erfolgte in beiden Fällen nach rechts, aber nicht nur nach rechts, sondern auch nach vorn; der Horizontalschub ist nach links und nach rückwärts gerichtet. Die Knickbeanspruchung ist zum Theil auch eine excentrische, was sich in der Neigung des Thorax und in Fig. 1 darin äussert, dass der obere Abschnitt der Wirbelsäule nicht lothrecht über dem unteren steht.

Fig. 13.

Auch die Kurve, welche die Wirbelsäule infolge der Zerknickungsspannungen in der Medianebene normaliter zeigt, ist prinzipiell nicht verschieden von derjenigen, welche die Skoliose in der Frontalebene beschreibt. Bei verminderter Knickfestigkeit wird eine winkelige Kyphose aber nicht erzeugt, wenn nicht eine Herderkrankung oder eiterige Einschmelzung vorhanden ist. Die winkelige Abknickung bei der Rachitis ist in der Regel eine skoliotische und die Ursache hierfür ist die, dass die Knickung der Wirbelsäule bei gleichmässig verminderter Elasticität nach der Seite aus später zu erörternden Gründen leichter eintritt als die nach vorn und rückwärts.

In Fig. 13 weichen die hinteren Enden der Dornfortsätze nirgends in erheblichem Grade von der Medianebene ab, obwohl die Torsion ziemlich stark ausgeprägt ist. Auch in solchen Fällen, in denen die Dornfortsätze mit ihren hinteren Enden noch ganz in einer Ebene liegen und die obere Hälfte der Wirbelkörperreihe nach der einen, die untere Hälfte derselben nach der anderen Seite torquirt ist, lässt sich mit Bestimmtheit eine Beanspruchung auf Zerknickung annehmen. Nur ist die Kurve hier wegen der besonderen Art der Befestigung resp. des Widerstandes eine S-förmige, wie wir unten sehen werden. Indess auch die S-förmige Kurve lässt sich auf die bogenförmige zurückführen (Fig. 11), da stets, wie schon erwähnt wurde, eine Krümmung über die andere prävalirt.

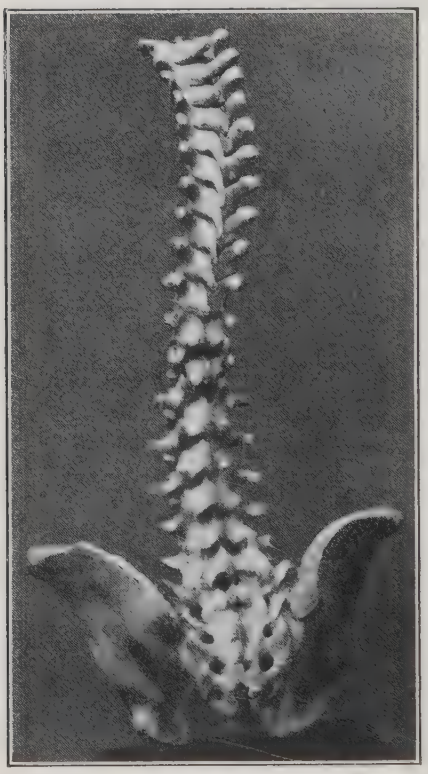

Fig. 14.

In den Präparaten, die in den Figuren 3, 4, 5, 10 und 11 abgebildet sind, ist also der Bogen oder der Winkel, der durch die Knickung erzeugt wird, kyphotisch. Wir sehen, dass die Knickung an verschiedenen Stellen der Brustwirbelsäule auftreten kann. Eine kyphotische Knickung unterhalb des ersten Lendenwirbels habe ich nicht ausfindig machen können. In Folge des Horizontalschubes überschreitet der skoliotische Buckel die Schwerlinie des Körpers in den soeben genannten Fällen nach rückwärts und nach der linken Seite. Das Becken vollzog eine Drehung nach vorn, seine Neigung ist demnach verstärkt und die Lendenwirbelsäule ist am Uebergang in das Kreuzbein mehr oder weniger geknickt.

In anderen Fällen charakterisirt sich die Knickung als lordotische. Ebenso wie nämlich die stärkste Beanspruchung der Wirbelsäule auf Zerknickung im Bereich der Brustwirbelsäule gelegen sein kann und dadurch die normale Kyphose verstärkt wird, kann es auch vorkommen, dass das Biegungsmoment in der Lendenwirbelsäule am grössten ist und dadurch die normale Lordose verstärkt wird. Diese lordotische Abknickung kann ebenfalls verschiedene Grade aufweisen, wie die Figuren 6, 9, 13 und 14 beweisen. In Fig. 14 ist z. B. die Lendenwirbelsäule ebenfalls nach rechts

geknickt. Zwischen Kreuzbein und Lendenwirbelsäule besteht keine Spur von Einknickung. Das Kreuzbein ist flach und nach vorn gedreht. Das Becken ist platt. Der quere Durchmesser des Beckeneingangs ist vergrössert ($13^1/_2$ cm) im Verhältniss zum geraden Durchmesser, der verkleinert ist ($9^1/_4$ cm). Die Neigung des Beckens ist erheblich verringert. Man kann deutlich erkennen, dass die Tendenz der Ausbiegung, also der Horizontalschub, in der unteren Hälfte der Wirbelsäule nach vorn gerichtet ist. Die Lendenwirbelsäule senkt sich nach vorn, während die Symphyse in die Höhe strebt.

Morphologisch, resp. pathologisch-anatomisch tritt die Skoliose in zwei Gruppen auf, welche sich, je nachdem die stärkste Biegungs- oder Knickungsspannung in einer Kyphose oder in einer Lordose sich äussert, einerseits als kyphotischer Typus, andererseits als lordotischer Typus bezeichnen lassen. Jeder Typus hat wieder zwei Unterabtheilungen und umfasst 1. die Skoliose, die in Winkelform, 2. die Skoliose, die in Bogenform auftritt.

Es sei hier gleich auch bemerkt, dass die Auseinandersetzungen in der Litteratur keinen Unterschied erkennen lassen zwischen Kypho-Skoliose und Lordo-Skoliose. Die sogenannte primäre Lumbodorsal-Skoliose ist deshalb kein genügend abgegrenztes Krankheitsbild, da nach dem Gesagten sowohl der kyphotische als der lordotische Typus vorkommen kann, was selbst an klinischen Beispielen nicht unschwer nachzuweisen ist. Im Uebrigen ist die Beanspruchung auf Zerknickung an der Lendenwirbelsäule ebensowenig zur Erklärung der Skoliose herangezogen worden, wie diejenige an der Brustwirbelsäule oder an der Gesammtwirbelsäule.

Es sind nur so viele Präparate besprochen worden und zur Abbildung gelangt, als nothwendig erschienen ist, um zu zeigen, dass an jeder Skoliose das Initialsymptom der Knickung aufzufinden ist.

## III.

## Das statische Grundgesetz. Die skoliotische Kurve.

Wird ein prismatischer Stab, d. h. ein Stab von überall gleichem Querschnitt, in der Richtung seiner Längsachse auf Zerknicken beansprucht, so ist, Gleichmässigkeit des Stoffes und centrische Belastung vorausgesetzt, das Biegungsmoment am grössten in der Mitte des Stabes. Bei excentrischer Belastung, bei welcher die Kraftrichtung nicht durch die Schwerpunkte aller Querschnitte geht, sondern entweder parallel oder geneigt zu denselben zur Wirkung gelangt, findet sich die stärkste Beanspruchung nach einem der Endquerschnitte hin verschoben. Es kann deshalb an der skoliotischen Wirbelsäule jeder Abschnitt von der Knickung betroffen sein, da in der Regel hierbei excentrische Druckbelastung vorhanden war. Excentrische Druckbelastung tritt ja bei jeder Seitenbeugung, bei jeder Vorwärts- oder Rückwärtsbeugung des Rumpfes auf. Die Druckrichtung kann auch von Einfluss sein auf die Lage des am stärksteu auf Zug und Druck beanspruchten Querschnittes im Mittelpunkt der Krümmung in der horizontalen Projektion. Richtet sich nämlich eine skoliotische Wirbelsäule an ihrer Basis auf, ohne dass der Krümmungswinkel sich vergrössert, so nimmt der Horizontalschub zu und die Excentricität der Lage der centralen Knickungs- und Biegungsstelle steigert sich. Zu Gunsten der Schulthess-schen Behauptung, dass durch das Tragen von Korsetts die Torsion verstärkt wird, könnte die Steigerung des Horizontalschubes bei der Aufrichtung der excentrisch belasteten skoliotischen Wirbelsäule, was wenigstens die Mitte der Skoliose betrifft, verwerthet werden. Seitendruck bewirkt das Korsett sowohl bei der excentrischen Belastung als beim Horizontalschub.

Von grossem Einfluss auf die Form des zu knickenden Stabes ist nun aber die Art seiner Befestigung. Sind die Enden des Stabes frei beweglich, ohne jedoch ihren Platz wechseln zu können, wie z. B. in einem Kugelgelenke, so erfolgt die Durchbiegung in C-Form (Fig. 15). Ist jedoch der Stab an seinem oberen und an seinem unteren Ende fest eingeklemmt,

so entstehen bei der Durchbiegung zwei Wendepunkte (Fig. 16). In gleicher Weise beansprucht wird ein horizontaler Träger, der an beiden Seiten fest eingespannt ist und in der Mitte belastet wird. Fig. 17 entsteht, wenn der Stab bis zum Zerknicken weiter durchgebogen wird. Ist das obere Ende so beweglich, dass es eine beliebige Neigung annehmen kann, und das untere Ende eingespannt, so entsteht Fig. 18, wo in der Biegungslinie nur ein Wendepunkt erscheint.

Die Deformation der Wirbelsäule erfolgt wie bei dem oben und unten fest eingeklemmten centrisch oder excentrisch belasteten Stab (Fig. 16 und 17). Die Befestigung am unteren Ende erfolgt durch das Becken, was für die Erklärung keine Schwierigkeiten bietet. Aber auch am oberen

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

Ende gewinnt die Wirbelsäule eine Befestigung, die einer Einspannung gleich kommt, durch die Aufrechthaltung des Kopfes und die Aequilibrirungsbestrebungen des Rumpfes.

In vielen Fällen macht die Buckelbildung an der skoliotischen Wirbelsäule den Eindruck, als wolle die Wirbelsäule, während sie oben und unten in der Medianebene des Körpers zurückgehalten wird, vom Becken herabfallen. Auch der Vergleich mit einem am Mast befestigten und vom Wind geblähten Segel wäre bei den bogenförmigen Skoliosen zulässig, um die Horizontalverschiebung zu kennzeichnen. Bei dieser Horizontalverschiebung ist die Bogenreihe statisch weniger in Anspruch genommen als die Körperreihe. Die Körperreihe strebt in Folge dessen seitlich weiter hinaus als die Bogenreihe.

Wird ein Stab von der oben erwähnten Beschaffenheit bei der Durchbiegung in der Mitte festgehalten, so dass diese sich seitlich nicht verschieben kann, so resultirt die S-Form, indem der Stab in zwei Abschnitte zerlegt wird, von denen statisch sich jeder gesondert betrachten lässt (Fig. 19).

An der normalen Wirbelsäule konzentrirt sich die Spannung längs der Bogenreihe nach der Mitte hin wie bei einem gedehnten Gummifaden.

Bei der Durchbiegung der Körperreihe kann sich in Folge dessen in ihrer Mitte ein fixer Wendepunkt etabliren, der zwischen zwei halben Wellen gelegen ist (Fig. 19). Dadurch ist die S-Form der Skoliose erklärt. Aus diesem Grunde ist aber auch beim Beginn einer sogenannten habituellen Skoliose dann schon eine Knickung anzunehmen, wenn in der Reihe der Dornfortsätze noch keine Seitenabweichung zu erkennen ist und nur einfach die Brustkyphose eine Schwenkung nach der einen und die Lendenlordose eine Schwenkung nach der anderen Seite hin vollzogen hat. Vorausgesetzt muss allerdings hierbei werden, dass eine Skoliose überhaupt beobachtet werden kann, bei der nicht schon im Entstehen der Horizontalschub entweder in der Brustkyphose oder in der Lendenlordose die Oberhand gewonnen hat. Es kann, wie wir oben gesehen haben, das Präparat, das in Fig. 11 abgebildet ist, als S-förmige Skoliose bezeichnet werden. Trotzdem ist die Art der Beanspruchung auf Zerknicken die gleiche wie in dem Präparat der Fig. 1. Um den Mechanismus der skoliotischen Wirbelsäule zu verstehen, können wir demnach von der S-förmigen Skoliose völlig absehen. Sie könnte als Mischform zwischen dem kyphotischen und skoliotischen Typus aufgefasst werden. Ihre Existenz ist aber als solche sehr fraglich.

---

Das Maximum der Kurve, welche von der skoliotischen Wirbelsäule sowohl in der sagittalen wie in der frontalen Projektion gebildet wird, stellt somit entweder einen Bogen dar mit zwei Wende- oder Inflexionspunkten oder eine Spitze. Nach den Sätzen der Differentialrechnung spricht man auch von einem an der Spitze oder am Maximum der Kurve gelegenen Rückkehrpunkt.

Beide Formen zeigen für die Erklärung des Mechanismus der Skoliose keinen prinzipiellen Unterschied, da nur der Grad der Knickung ein verschiedener ist. Die winkelige Knickung ist selbstverständlich der äusserste Grad der Knickung, der in den meisten Fällen nicht erreicht wird.

Es geht aus dem Vorstehenden hervor, dass wir unter Inflexion nicht die Beugung oder Neigung der Skoliose, als Kurve betrachtet, zu verstehen haben, sondern deren Wendung. Dem bisherigen Sprachgebrauch in der Skoliosenlitteratur gegenüber ist dies hervorzuheben. Die Inflexion erzeugt die Neigung oder Inklination. Die Beugung am Maximum der Kurve bezeichnen wir als Reflexion. Am Rückkehrpunkt wechseln nämlich die statischen und mechanischen Funktionen wie in einem Spiegelbild.

Da die Kurve der skoliotischen Wirbelsäule nicht in einer Dimension verläuft, so bedeuten die Wendepunkte für die Torsion in der Längsrichtung die Uebergangsstellen einer Torsionsrichtung in die andere. Die Torsion in der Quere dagegen kann in longitudinaler Richtung ihre Bahn nicht ändern,

da sie sich von vorn nach hinten erstreckt und davon herrührt, dass eine längere Kurve von einer kürzeren an den Inflexionsstellen gekreuzt wird.

Bezeichnen wir einerseits die nach links gerichtete Konvexität der Wirbelkörperreihe als negative, die nach rechts gerichtete als positive Torsion in der Längsrichtung, andererseits die Neigung der Wirbelkörper nach links als negative, die nach rechts als positive Torsion in der Quere, so können wir sagen: die longitudinale Torsion wird an den Inflexionspunkten negativ oder positiv, während die transversale Torsion an den Inflexionspunkten entweder negativ oder positiv ist.

Selbstverständlich kann an der skoliotischen Wirbelsäule nicht von Punkten einer Kurve die Rede sein, wenn man deren Querschnitt berücksichtigt, sondern von Ebenen, in denen diese Punkte gelegen sind. Kinematisch rechnet man aber mit einem Querschnitt nicht.

# IV.

## Kritik der mechanischen Theorien.

Verhältnissmässig einfach gestaltet sich der Mechanismus der Skoliose für diejenigen Autoren, welche, wie Adams[1]), Engel[2]) und Hüter[3]), als Ursache der Skoliose asymmetrisches Knochenwachsthum angenommen haben. Im Hinblick auf die Erörterungen zwischen Nicoladoni und Lorenz kann es uns erspart bleiben, den Inhalt dieser Wachsthumstheorien des Näheren auseinander zu setzen. Was die älteren Anschauungen betrifft, so verweise ich auf die Arbeit von Lorenz[4]), wo dieselben kritisch in treffender Weise beleuchtet werden.

Die Theorien, welche durch Druck und inneren Umbau die Entstehung der Skoliose zu erklären versuchten, sind für das wirkliche Verständniss des Mechanismus derselben wenig fördernd gewesen. Ihnen müssen wir uns aber zunächst zuwenden.

Nach Roser's Lehre[5]), welcher Volkmann[6]) eine feste Begründung gab und später von Julius Wolff[7]) bekämpft wurde, beruht die skoliotische Deformität auf der Einwirkung der Schwere und ist als sogenannte Belastungsdeformität aufzufassen. Als solche ist sie auf dieselbe Stufe zu stellen wie die Wachsthumsstörungen der Gelenke, Genu valgum, Pes valgus etc. Die ungleiche Belastung bewirkt nach dieser Lehre eine Alteration des normalen Knochenwachsthums und ungleiche Knochenbildung, und zwar derart, dass

[1]) Lectures on the pathology and treatment of lateral and other forms of curvature of the spine. London 1865.

[2]) Wiener med. Wochenschrift 1868, No. 66—68.

[3]) Klinik der Gelenkkrankheiten, 2. Aufl., 3. Th. 1878.

[4]) Pathologie und Therapie der seitlichen Rückgratverkrümmungen. Wien 1886.

[5]) Handbuch der anatomischen Chirurgie. 7. Aufl., Tübingen 1875.

[6]) Verletzungen und Krankheiten der Bewegungsorgane. Pitha—Billroth'sches Handbuch der Chirurgie 1882.

[7]) Langenbeck's Archiv 52. Band.

an der Stelle des abnormen Druckes Resorption und Knochenschwund eintritt. Von Volkmann und Hüter wurde weiter ausgeführt, dass am wachsenden Knochen nicht nur durch vermehrten Druck eine Hemmung des Wachsthums, sondern auch durch Druckentlastung oder durch Zug eine Verstärkung des Knochenwachsthums eintritt. Die erste Wandlung machte diese Lehre durch, als Mikulicz[1]) für das Genu valgum nachzuweisen versuchte, dass ungleichmässige Proliferation an der unteren Epiphyse des Femur, nicht aber Veränderungen im Kniegelenk dieses Leiden bedingen. Es war naheliegend, auch für die Skoliose die gleichen Verhältnisse an den epiphysären Ossifikationszonen der Wirbelkörper zu Grunde zu legen, wie es von Vogt[2]) geschah. Während aber Mikulicz die Verbreiterung des Intermediärknorpels am inneren Umfang des Femur und die gesteigerte Ossifikation des entsprechenden Diaphysenendes als eine primäre Wachsthumsstörung, auf Rachitis adolescentium beruhend, auffasst, betrachtet Vogt die dauernde Ueberlastung des Knies als Veranlassung, so zwar, dass durch Druck an der Ossifikationszone das Wachsthum gehemmt, durch Zug das Wachsthum gesteigert wird. Diese Ausführungen stimmen darin überein, dass auf die ungleichmässige Belastung eine ungleichmässige Entwickelung der wachsenden Skelettheile erfolgt.

Diesen Theorien musste zu ihrer Zeit eine grosse Beweiskraft gegen die myopathischen Theorien zugestanden werden. Aber der Begriff Belastungsdeformität ist ein sehr dehnbarer. Nach Landerer, welcher eine Schwäche der Rückenmuskeln annimmt, ist die Skoliose ebenso gut eine Belastungsdeformität wie nach Hüter, welcher die skoliotische Verbiegung der Wirbelsäule als nothwendige Folge einer stark ausgeprägten asymmetrischen Entwickelung des Thorax auffasst, wie nach Lorinser, welcher einen Erweichungsprozess im Knochen annimmt, wie nach der erwähnten Belastungstheorie von Roser, Volkmann und Hüter, schliesslich wie nach der später zu erwähnenden Bewegungstheorie von Henke und nach der Abknickungstheorie von Lorenz.

Die Volkmann-Hüter'sche Belastungstheorie wurde von Julius Wolff „Drucktheorie" benannt. Letzterer wies nach, dass der innere Bau der Knochen nicht nach der „Drucktheorie" erklärt werden könne. Wie nach dem Gesetz der Transformation der inneren Architektur der Knochen die Entstehung der Deformitäten zu erklären ist, hier auszuführen, würde uns zu keinem für unsere Zwecke brauchbaren Resultat gelangen lassen. Wir würden Wolff's Ansichten nicht ganz folgen können[3]). Hinsichtlich der Morphologie verhalten wir uns dagegen nicht ablehnend gegen die Wolff'sche

[1]) Archiv f. klin. Chir. Bd. 23, 1879.
[2]) Moderne Orthopädik, 2. Aufl. Stuttgart 1883.
[3]) Centralblatt für Chirurgie 1897 No. 10.

Lehre [1]), dass der innere Umbau der Knochen, soweit derselbe möglich ist, durch die Funktion vorgeschrieben wird. Die innere Architektur der skoliotischen Wirbel zu studiren, ist aber auch zunächst gar nicht unser Ziel. Gerade dieses Studium hat Nicoladoni veranlasst, die Skoliose nicht nach ihren statischen Bedingungen zu untersuchen. Wichtiger ist es, zuerst die äusseren Kräfte und ihre Wirkung bei veränderten statischen Verhältnissen kennen zu lernen, nicht aber die inneren. Die äusseren Kräfte vollführen an der skoliotischen Wirbelsäule ihre Knickung oder Durchbiegung, ihre Torsion und ihre Pressung. Die inneren Kräfte vollziehen die Transformation. In dieser Unterscheidung in der Wirkung äusserer und innerer Kräfte ist, wie ich glaube, ein wichtiger Anhaltspunkt gegeben für die Erklärung der Entstehung von Deformitäten überhaupt, der geeignet ist, den streng exklusiven Standpunkt von Julius Wolff der früheren Drucktheorie etwas zu nähern. Auf äussere Kräfte, wie auf die Belastung, reagirt der Knochen wie ein elastischer Stab und die Druck- und die Zugspannungen im Innern werden erst hervorgerufen, während die Formänderung durch die äusseren Kräfte vollzogen wird. Die Richtung der Trajektorien bedeutet die Richtung der im Knochen auftretenden inneren Spannkräfte.

Den Drucktheorien gegenüber stehen die Bewegungstheorien, diejenigen Theorien, welche die Skoliose in ihrer Entstehung verfolgt haben bis zu einer bestimmten Bewegung, ohne deren Ursache aufzudecken. Die Aufklärung der Torsion war das Ziel dieser Theorien. Voraus gehen die Autoren, welche eine Torsion ohne Rotation annehmen zu können glaubten. Aus mechanischen Veränderungen an einzelnen Theilen schlossen sie auf die Funktion des Ganzen. Von diesen Autoren können wir nur diejenigen berücksichtigen, welche auf die Lehre vom Mechanismus der Skoliose einen nachhaltigen Einfluss ausgeübt haben. Bemerkt sei hier noch, dass die häufig gebrauchten Ausdrücke: falsche Haltung, falsche Belastung etc. nichts beweisen für den Mechanismus der Skoliose. Auch die Frage der grösseren oder geringeren Beweglichkeit der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule hinsichtlich Beugung, Streckung, Seitenneigung und Rotation ist für uns nur eine Frage von untergeordneter Bedeutung, da wir hieraus für die Erklärung des Mechanismus der Skoliose nichts entnehmen können, und zwar deshalb, weil die Abknickung der Wirbelsäule an jeder Stelle erfolgen kann, wenn nicht hierfür eine Unmöglichkeit aus statischen Gründen gegeben ist.

Henke [2]) hat angenommen, dass mit der Seitenbeugung der normalen Brustwirbelsäule eine Ablenkung der Vorderfläche nach der Seite der Kon-

[1]) Das Gesetz der Transformation der Knochen, Berlin 1892.

[2]) Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke, Leipzig 1863.

vexität zu Stande kommt dadurch, dass sich der Wirbel um eine geneigte mediane Achse dreht, welche durch den Kern der Syndesmose geht und von der Syndesmose aus senkrecht zum Sagittalschnitt der Gelenke oder dessen Fortsetzung verläuft (Fig. 33). Es erfolgt also nach Henke Drehung und Neigung um eine Achse und dadurch soll die Torsion der ganzen Säule zu Stande kommen. Als Beweis führt Henke gerade die Skoliose an, wo der Erfolg der Bewegungen sich zum pathologischen Uebermass gesteigert habe. Die Skoliose beweist aber die Richtigkeit der Henke'schen Theorie nicht. Denn, abgesehen davon, dass bei der Torsion die vertikal gerichteten Gelenkflächen an der konkaven Seite (wie auch an der konvexen) fest aufeinander gepresst werden, die Torsion der normalen Gelenkbewegung also geradezu entgegenwirkt, so müsste, wie nach der Theorie von Schenk, welcher die Wirbelkörperkante als Hypomochlion bei der Bewegung ansieht, bei dieser Drehung der Ausschlag, den der Dornfortsatz macht, nach der konvexen Seite hin erfolgen. Ausserdem ist zu bedenken, dass die Wirbelkörper wegen der Rotation eine derartige Neigung nach vorwärts und nach der Seite bei den bogenförmigen Skoliosen niemals erkennen lassen. Der deutlichste Gegenbeweis liegt in der von Albert beschriebenen Reklination. Ferner gestattet der elastische Widerstand in der Wirbelbogenreihe eine solche Drehung nicht. Die Bewegungen der Wirbelkörper — wie wir gesehen haben, Rad- und Speichendrehungen — erfolgen ohne Hilfe der Gelenke lediglich durch die Abknickung. Aus diesem Grunde können wir uns auch nicht ganz mit Drachmann [1]) einverstanden erklären, welcher zwar eine Rotation annimmt, aber erst in dem Moment, in dem eine Hemmung der Seitenbewegung, d. h. der seitlichen Flexion, eintritt.

Die Gelenke der Wirbelbogen sind bei jeder Bewegung der Wirbelkörper der passive Theil. Ihre Richtung ändert sich, wenn die Wirbelkörper ihre Lage und ihre Form dauernd ändern. Das ergibt sich sowohl aus dem Vergleich der Wirbelsäule eines Kindes mit der eines Erwachsenen, als auch aus dem Vergleich einer normalen mit einer pathologisch gekrümmten Wirbelsäule. Beim Neugeborenen, wo die physiologischen Krümmungen noch nicht ausgebildet sind, stehen überall auch die Gelenkflächen mehr der senkrechten Richtung genähert, ausserdem mehr frontal gerichtet. Bei der Betrachtung der Wirbelsäule eines Neugeborenen von hinten sehen wir, dass die Bogentheile, die Wirbelplatte mit den Processus articulares, an Breite allmählich abnehmen bis herab zum 11. Brustwirbel. Von hier ab bemerkt man wieder eine Zunahme der Breite. Dieses Verhältniss der Abnahme und Zunahme der Breite ist auch an der Wirbelsäule von Erwachsenen noch deutlich zu erkennen (man vergleiche beispielsweise Fig. 167 des ersten Bandes des Rauber'schen Lehrbuches der Anatomie des Menschen). Aber wir sehen an der Wirbelsäule eines 3jährigen Kindes doch auch schon, dass die Unterschiede der Breite geringer sind als beim Neugeborenen. Die Brustwirbelsäule ist, von hinten betrachtet, verhältnissmässig schmaler, die Lendenwirbelsäule verhältnissmässig breiter geworden. Während an der Wirbelsäule des Neugeborenen alle Bogen dachziegelförmig übereinander gelagert sind, haben sich mit

[1]) Berliner klin. Wochenschrift, 1885.

zunehmender Lordose der Lendenwirbelsäule hier die Gelenke median- und rückwärts konkav gestaltet. Die horizontalen Abstände der beiderseitigen Gelenkflächen nehmen an der lordotischen Lendenwirbelsäule von unten nach oben ab. An der Wirbelsäule des Erwachsenen schreitet die Distanzabnahme weiter nach oben bis zum vierten oder fünften Brustwirbel. Von hier ab nach oben entfernen sich die Gelenkflächen in frontaler Richtung wieder von einander.

Fig. 20 lässt dieses Verhalten der Gelenke deutlich erkennen. Die einzelnen Striche deuten die Gelenkflächen der oberen Gelenkfortsätze an. In fünffacher Verkleinerung ist die ursprüngliche Zeichnung wiedergegeben, welche folgendermassen gewonnen wurde. Die aufsteigenden Gelenkfortsätze einer Wirbelsäule wurden in eine mit Papier belegte Platte von Modellirwachs in der natürlichen Ordnung von oben nach unten fest eingedrückt. Alsdann wurde das Papier geglättet, die den Gelenkflächen entsprechenden Eindrücke wurden mit Tinte nachgezeichnet. Die Wirbelsäule, welche zu diesem Versuch benützt wurde, stammt von einem 12 Jahre alten Mädchen uud zeigt in ihrer Zusammensetzung eine geringgradige Verbiegung der Brustwirbelsäule nach rechts, der Lendenwirbelsäule nach links. Da die Gelenkfortsätze beim Eindrücken in die Platte nach unten und die Dornfortsätze nach rückwärts zu liegen kamen, so entspricht die rechte Reihe der Eindrücke der linken Seite am Präparat und umgekehrt.

Fig. 20.

Die gegenseitige Annäherung der Gelenkfortsätze in frontaler Richtung an der Stelle der normalen kyphotischen Krümmung der Wirbelsäule, sowie die stärkste Annäherung an der Stelle der stärksten Krümmung hängt zusammen mit der statischen Funktion der Wirbelsäule. Bei der Ausbildung der normalen Kyphose wird infolge des elastischen Widerstandes in der Bogenreihe die Wirbelplatte durch den Dornfortsatz wie durch einen mächtigen Hebel nach abwärts gezogen. Andererseits wird in Folge der Belastung der Körperreihe der Wirbelkörper in sagittaler Richtung gestreckt. Dadurch gewinnt der Wirbelkörper am Brustsegment seine dreieckige Gestalt, dadurch wird das Wirbelloch in sagittaler Richtung verlängert und fast kreisrund, dadurch wird die Richtung des Bogenhalses eine sagittale und die Gelenkflächen drehen sich nach vorn. Auch ist der Bogenhals verhältnissmässig höher als am Lendensegment. In Folge des elastischen Widerstandes in der ganzen Bogenreihe ist ferner die Richtung desselben in der Lendenwirbelsäule nach aufwärts zur Mitte der Wirbelsäule hin gegeben. Diesem Zug folgt auch der Dornfortsatz mit dem Bogen. Deshalb verschwindet am Lendensegment die dachziegelförmige Uebereinanderschaltung, der untere Gelenkfortsatz gräbt sich wie ein Zapfen in den oberen ein, die oberen Gelenkfortsätze treten weiter auseinander, die unteren näher zusammeu, die Gelenke drehen sich nach rückwärts.

Wir sehen also, dass die Stellung der Gelenkflächen wechselt, wenn die Wirbelkörper ihre Lage und Form wechseln. Bei der dachziegelförmigen Ueberlagerung an der Brustwirbelsäule ist ausserdem eine andere als geneigte Lage der Gelenkflächen der Wirbelbogen gar nicht denkbar. Natürlich müssen bei der Vorwärtsneigung eines Segmentes auch die Gelenkfortsätze eine stärkere Neigung nach vorn annehmen, wie bei der Rückwärtsneigung desselben eine Aufrichtung der Gelenkflächen eintreten muss. Die queren Drehachsen der Wirbelkörper liegen aber in Ebenen, welche parallel zu den Endflächen durch den Kern der Syndesmose gehen.

Mit dieser Auffassung stimmt die Henke'sche Theorie nicht überein. Nach Henke bestimmt die Stellung der Gelenkfortsätze die Richtung der Bewegungen der Wirbelkörper. Von den Anatomen wurde die Ansicht

Henke's nicht acceptirt. So sagt Merkel[1]), „dass man es nicht nöthig hat, die Wirbelgelenke bei einer Betrachtung der Bewegungen der ganzen Wirbelsäule besonders zu berücksichtigen." H. Meyer[2]) spricht seine Meinung folgendermassen aus: „Ich habe viele Mühe darauf verwendet, zu ermitteln, ob die Gestalt und Lage der Gelenkflächen auf den Processus obliqui die Bewegungsrichtungen der Wirbelsäule bestimmen können, ich habe indessen in dieser Beziehung kein brauchbares Ergebniss gewinnen können." Daraus geht aber auch deutlich hervor, dass das statische Moment ausser Berücksichtigung geblieben ist.

Gegen die Henke'sche Theorie machte Lorenz geltend, dass die Medianachsen an den Lendenwirbeln nicht nach vorn unten geneigt sein können, sondern horizontal verlaufen, so dass sich hier wenigstens die Seitenbewegung der Wirbelsäule nicht mit einer Drehbewegung kombiniren kann. Betrachtet man die unteren Gelenkflächen eines Lendenwirbels, so finden wir, dass senkrecht zu ihnen ebenfalls nach vorn geneigte Linien gezogen werden können, aus denen eine Medianachse im Sinne von Henke zu konstruiren wäre, welche sich allerdings wegen der normalen Lordose der horizontalen Ebene nähert. Würde sich aber der Lendenwirbel bei der Entstehung der Skoliose um eine Achse mit derartiger Neigung nach vorn drehen, so wäre der Effekt stets der einer kyphotischen statt einer lordotischen Lendenskoliose. Denn wenn sich ein Wirbelkörper um eine nach vorn abschüssige, in der Medianebene gelegene Achse drehen soll, so muss er den zunächst darunter liegenden Wirbel zurückdrängen und er muss selbst zurückgedrängt werden. Die physiologische Lendenlordose könnte sich überhaupt dann gar nicht entwickeln.

Henke's Bewegungstheorie blieb nicht vereinsamt, weshalb wir sie eingehender besprechen mussten.

Schenk[3]) geht zwar von der Anschauung aus, dass die Torsion lediglich im knöchernen Theile der Wirbelsäule zu finden ist, glaubt aber annehmen zu können, dass bei der Seitenbewegung eines Wirbels die Drehachse nicht, wie H. Meyer annimmt, mit der Längsachse des Wirbels zusammenfällt oder parallel zu dieser verläuft, sondern dass sie einer an den meistbelasteten Punkt der Wirbelkörperkante angelegten Tangente entspricht.

Zunächst ist es zweifelhaft, ob selbst in den schwersten Fällen von Skoliose eine solche Drehung um die Kante stattfindet. Derselben steht im Wege einerseits die elastische Gegenwirkung an der Konvexität, andererseits die Nachgiebigkeit der Knochen an der Konkavität der Verkrümmung.

---

[1]) Handbuch der topographischen Anatomie. II. Bd. Braunschweig 1896.

[2]) Die Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes. Leipzig 1873.

[3]) Zur Aetiologie der Skoliose, Berlin 1885.

Aber, gesetzt den Fall, die Kantendrehung fände wirklich statt, so wäre dies die gleiche Bewegung wie bei zwei aufeinander rollenden Cylindern oder wie bei einem auf einer Fläche rollenden Cylinder, also eine Rollung. Bei einer solchen Bewegung haben wir aber zwei Achsen anzunehmen. Beim rollenden Cylinder geht die eine Achse, die neutrale oder konstante Drehachse, in der Längsrichtung durch die Mitte des Cylinders, die andere Achse ist die momentane Drehachse und liegt dort, wo sich die Cylinder gegenseitig oder Cylinder und ebene Fläche berühren. Der gleiche Vorgang findet auch bei der Drehung und Rollung eines Rades statt. Da an der Wirbelsäule eine Rollung beim Zustandekommen der Skoliose nicht stattfindet, so sind wir nur berechtigt, von Kantenpressung, einer Inklinations-, nicht Torsionserscheinung, zu sprechen.

Auch Herth[1]) erklärt die Torsion ohne Annahme einer Rotation der Wirbelsäule um ihre Längsachse.

Herth findet, dass bei den physiologischen Bewegungen der Wirbelsäule nach rückwärts oder nach der Seite eine Verstärkung des Druckes auf den Bogentheil und eine Anstemmung der Gelenkfortsätze stattfindet, infolge dessen sich Hypomochlien bilden, welche in den Gelenken gelegen sind. Bei den seitlichen Bewegungen tritt schon vor Erschöpfung der Komprimirbarkeit diese Knochenhemmung ein. Wichtiger als die Bewegung eines Wirbels um die Medianachse oder um eine Querachse ist aber nach Herth die Bewegung um eine diagonale Achse. Die letztere ist mehr geeignet, bei Fixirung des Rumpfes Schwankungen desselben entgegenzuwirken, als die Bewegung um eine sagittale Achse, und zwar nur durch die frühzeitig eintretende Knochenhemmung, welche durch Anstemmen des Gelenkfortsatzes herbeigeführt wird. Demgemäss kommt Herth zur Ueberzeugung, dass die Torsion der skoliotischen Wirbelsäule zu Stande kommt einerseits durch Beschränkung, andererseits durch Uebertreibung der Bewegungen. Die Druckrichtung enthält nämlich bei jeder Drehung um die diagonale Achse eine horizontale Komponente. Die Torsion findet nun einfach darin ihren Ausdruck, dass die Spitze des keilförmigen Wirbels diagonal nach der Konkavität gerichtet ist. „Die Torsion selbst ist eine pathologische Bewegung, die nur dadurch zu Stande kommen kann, dass der Wirbel, speziell seine Gelenkpartie, dem durch die physiologischen Bewegungen bedingten Druck nachgibt, und sich ihm entsprechend anatomisch verändert.“ Darin ist die Theorie nicht neu. Dass die Skoliose durch Uebertreibung von Bewegungen entsteht, und dass es nur dann zu einer Seitenverschiebung und zu einer Torsion kommt, wenn diese Bewegungen auf ein durch die Gelenkfortsätze gegebenes Hinderniss stossen, ist schon von Swagermann im Jahre 1767 entwickelt worden. Bouvier findet

[1]) Zeitschrift für orthopäd. Chirurgie. Bd. I. 1892.

in dieser Ansicht „so viel Wahrheit, als seitdem erdacht worden ist", derselbe Bouvier, der auch von der Torsion der skoliotischen Wirbelsäule gesagt hat: „Man müsste ein Euklides sein, um dieses Räthsel zu lösen [1])." Später hat Drachmann, wie schon erwähnt wurde, diese Theorie vertreten. In der Zwischenlagerung der Gelenkfortsätze liegt indess nichts Ursächliches für das Zustandekommen der Torsion, da, wie gesagt, die Vorgänge, die sich hier abspielen, nur als Kantenpressung in Folge der Inklination zu bezeichnen sind. Die Inklination reicht aber allein nicht hin, um die Torsion zu erklären. Man gewinnt den Eindruck, dass sich auch Herth nur durch Betrachtung der asymmetrischen Wirbel veranlasst sah, seine Theorie aufzustellen. An einer skoliotischen Wirbelsäule kann man sich leicht überzeugen, dass die Wirbelkörper mehr oder weniger in schräger Richtung komprimirt sind, und zwar in Folge der Rotation, die mit der Inklination einhergeht. Die Drehung um eine diagonale Achse ist aber nicht Ursache, sondern Wirkung. Die stärkste Abplattung ist immer nach der Schwerlinie des Körpers hingerichtet, also nach der Sehne des Bogens, welcher von dem skoliotischen Segment gebildet wird. Darauf beruht auch die scheinbare Lordose der skoliotischen Brustwirbelsäule oder die von Albert beschriebene Reklination.

Lorenz [2]) ging von folgenden Erwägungen aus. Am skoliotischen Brustwirbel nimmt das Wirbelloch die Form eines Ovoids an, dessen breiter Pol an der konvexen Seite und dessen schmaler Pol am hinteren Ende der konkavseitigen Bogenwurzel gelegen ist. An drei Stellen zeigen die Linien des Ovoids Knickungen, einmal an der nach der konvexen Seite verschobenen Mitte des Wirbelkörpers, wo das Venen-Emissarium gelegen ist, dann an der Insertionsstelle des Dornfortsatzes, schliesslich am hinteren Ende der konkavseitigen Bogenwurzel. Am skoliotischen Lendenwirbel ist das gleichschenkelige Dreieck des Wirbelloches zu einem ungleichschenkeligen geworden, das Ovoid ist wieder zu erkennen. Wie am Brustwirbel ist der breite Pol des Ovoids gegen die konvexe, der schmale Pol desselben gegen die konkave Seite der Krümmung gerichtet. Die Ursache dieser Veränderung des Foramen vertebrale liegt in der Stellungsveränderung der Bogenwurzeln zum Wirbelkörper. Die konvexseitige Bogenwurzel nähert sich nämlich der sagittalen, die konkavseitige Bogenwurzel dagegen der frontalen Richtung. Selbst die beiden Körperhälften nehmen an der Stellungsveränderung der Bogenwurzeln Theil. Der konvexseitige Antheil des Körpers ist in sagittaler Richtung ausgebreitet, während der konkavseitige Körperantheil in frontaler Tendenz sich erstreckt. Dadurch entsteht in vertikaler

[1]) Citirt nach Eulenburg: Die seitlichen Rückgrats-Verkrümmungen. Berlin 1876.

[2]) Pathologie und Therapie der seitlichen Rückgratverkrümmungen (Scoliosis). Wien 1886.

Richtung an der hinteren Körperfläche eine Furche, in welche die nach der konvexen Seite hin verschobenen Ernährungslöcher zu liegen kommen. Lorenz spricht von einer Streckung der lateralen Wirbelhälfte in frontaler Richtung nach der konkaven Seite hin. Auch die Querfortsätze folgen der Richtung der Bogenwurzeln. Die Insertionspunkte der Dornfortsätze sind nach der konkaven Seite der Wirbelkörper verlagert. Lorenz erkennt in diesen Verhältnissen eine Abknickung der Bogenwurzeln nach Seite der Konkavität und glaubt, dass die Abknickung begünstigt wird durch die halbmondförmigen Epiphysenlinien an der Basis der Bogenwurzeln, da dieselben die Puncta minoris resistentiae in der Verbindung zwischen Wirbelkörper und Wirbelbogen darstellen. Da die Bogenwurzeln an der oberen Hälfte der Wirbelkörper inserirt sind, so ergibt sich eine Inkongruenz zwischen oberer und unterer Wirbelfläche. Dadurch entsteht die Torsion des Gefüges der ganzen Wirbelsäule. Lorenz vermuthet, dass auch die schiefe Faserung der Corticalis der Wirbelkörper als Ausdruck dieser Knochentorsion aufzufassen ist. Den Vorgang der Abknickung und somit der Torsion stellt sich Lorenz so vor, dass der Wirbelkörper durch die Belastung aus der Mittellinie herausgedrängt wird, dass aber dieser Deviation gegenüber die Bogenwurzeln etwas zurückbleiben und deshalb an ihrer basalen Epiphysenfuge nach der konkaven Seite abgeknickt werden. Die oberen Antheile des Wirbelkörpers erscheinen dann gegen die unteren im Sinne einer Torsion des Knochengefüges verschoben.

Soweit Lorenz beschreibt, ist er unübertroffen. Aber seine Theorie ist auf die Verallgemeinerung eines Befundes zurückzuführen, den er an dem asymmetrischen Keilwirbel beobachtet hat, wo allein eine Rotation freilich nicht zu erkennen ist. Die Abknickung ist, wie Lorenz richtig bemerkt hat, eine Torsionserscheinung. Deshalb beruht sie nach der oben gegebenen Erklärung auf der Behinderung der Rotation. Die Abknickung ist jedoch nicht reine Torsionserscheinung, sondern auch Inklinationserscheinung, was schon daraus hervorgeht, dass da, wo die Torsion am schwächsten, die Inklination resp. Kantenpressung aber am stärksten ist, auch die Abknickung ihren höchsten Grad erreicht. Diese Thatsache ist mit der Lorenz'schen Theorie nicht in Einklang zu bringen.

Seeger[1]) hat die geringere Drehung auf der Höhe der Krümmung dadurch augenscheinlich zu machen versucht, dass er an skoliotischen Wirbelsäulen Stricknadeln quer über die hintere Körperwand der Wirbelkörper befestigte. Die Nadeln wurden zu Zeigern, welche den Grad der Beugung und Drehung anzeigten. Seeger gibt allerdings der Sache eine nicht ganz richtige Deutung, indem er anführt, dass sich die Scheitelwirbel statisch passiv verhalten und dass durch Muskelzug vom Scheitel aus eine Drehung statt-

[1]) Pathologie und Therapie der Rückgratsverkrümmungen, Wien und Leipzig 1890.

findet, um die seitlich verlagerte Schwerlinie zurückzugewinnen. Deshalb lautet auch seine Theorie: „Durch die successive Drehung der Bogenstücke, durch die successive Tieferlegung, Erweiterung und Umwölbung der Gelenkflächen wird der betreffende Theil der Wirbelsäule in den Gelenkkomplexen um die Längsachse gedreht, wodurch allmählich eine Krümmung in die andere überladen wird." So gezwungen diese Theorie auch lautet, so ist sie doch der Rotation in Etwas gerecht geworden, da sie ein Fortschreiten der Gelenkkomplexe in Folge einer Drehung um eine Längsachse annimmt. Auch die Drehung der Bogenstücke um eine sagittale Achse, die einen Bestandtheil der Asymmetrie des Wirbels darstellt, wird durch Seeger erklärt, worauf wir noch zurückkommen werden.

Die zwischen Nicoladoni und Lorenz schwebende Detailfrage, ob am skoliotischen Wirbel die konvexseitige Bogenwurzel sich hinaus, oder ob das hintere Emissarium, resp. das darüber liegende Längsband, durch die von Lorenz gekennzeichnete Abknickung sich herein begeben hat, ist von Albert dahin entschieden worden, dass die Asymmetrie des Wirbels wegen der schräg verlaufenden Sagittalachse auf einer Obliquität beruht, die dadurch entstanden ist, dass die konkavseitige Wirbelhälfte in die Breite wächst, wodurch sie zugleich niedriger wird. Nicoladoni[1]) hat nämlich an einem skoliotischen Wirbel nachgewiesen, dass der zwischen den beiden Bogenepiphysen gelegene Wirbelkörper mit seiner ganzen Masse durch ein grosses Knochenstück, welches sich zwischen konkavseitiger Bogenepiphyse und Ursprung der schmächtigen konkaven Bogenwurzel eingeschoben hat, gegen die konvexe Seite hinübergedrängt wurde. Dieses Knochenstück hat sich nach Nicoladoni zu Gunsten des konkaven Theiles des Wirbels entwickelt. In der gesammten flächenhaften Ausdehnung des eingeschalteten Knochenstückes sieht Albert[2]) nun den Ausdruck der Pressung. Nicoladoni, welcher ursprünglich eine energische Wachsthumsrichtung gegen die Konvexität hin angenommen hatte[3]), hat später[4]) aus dem Verhalten der Bogenepiphysen ebenfalls dargelegt, dass der Asymmetrie des skoliotischen Wirbels keine aktiven Wachsthumserscheinungen zu Grunde liegen können. Die Vorgänge seien der Hauptsache nach passive, nämlich Pressung des Wirbelknochens an der konkaven belasteten und andererseits Blähung an der konvexen druckfreien Stelle.

[1]) Die Architektur der kindlichen Skoliose, Wien 1894.

[2]) Zur Theorie der Skoliose, Wien 1890.

[3]) Die Architektur der skoliotischen Wirbelsäule. Denkschriften der Akademie der Wissenschaften. Bd. LV. Abth. II. 1889. — Die Torsion der skoliotischen Wirbelsäule. Erlangen 1888.

[4]) Die Architektur der kindlichen Skoliose, Wien 1894. — Die Skoliose des Lendensegmentes. Wien 1894.

Wir finden also auch in der Litteratur gewichtige Stimmen dafür, dass die Lorenz'sche Abknickung nicht ausschliesslich eine Torsionserscheinung darstellt. Lorenz spricht selbst, wie wir oben gesehen haben, von einer Streckung der lateralen Wirbelhälfte in frontaler Richtung nach der konkaven Seite hin. Um in dieser Streckung auch eine Inklinationserscheinung kennen zu lernen, brauchen wir nur auf die Verhältnisse am normalen Brustwirbel zurückzukommen.

Am 1. Brustwirbel einer ausgewachsenen Wirbelsäule sind die Querfortsätze frontal gestellt, das Foramen vertebrale ist breiter als der Wirbelkörper sowohl in sagittaler als in frontaler Richtung. Der Hals des Bogens, den wir nach Lorenz und Anderen der Einfachheit halber auch Bogenwurzel nennen, worunter die zwischen Gelenk und eigentlicher Bogenwurzel gelegene Seitenwand des Wirbelloches zu verstehen ist, divergirt deshalb mit dem Hals der anderen Seite nach rückwärts, und zwar etwa von einem rechten Winkel ausgehend. Die Gelenkflächen sind nach vorn konvex gestaltet, sie stehen diagonal (Fig. 20), aber senkrecht nach oben. Der Dornfortsatz ist weniger gesenkt als der nächst untere. Am 2. Brustwirbel sind die Gelenkflächen stärker nach vorn geneigt. Von hier nach abwärts richten sich die oberen Gelenkfortsätze mehr und mehr auf, während sich die Dornfortsätze mehr und mehr senken. Gleichzeitig treten die Gelenkflächen, wie wir oben gesehen haben, nach der Medianebene hin näher aneinander. Am 6. Brustwirbel ist der Umfang des Wirbelkörpers im Vergleich mit dem des Bogens ein grösserer geworden. Ausserdem sind hier folgende Merkmale ausgeprägt. Der Wirbelkörper ist mehr in sagittaler Richtung nach vorn gewachsen, er verjüngt sich nach dieser Richtung. Die Ebenen, welche durch die Gelenke gelegt werden können, stehen senkrechter und schliessen einen kleineren Winkel nach rückwärts ein als an den weiter oben gelegenen Wirbeln. Die Gelenke sind also mehr auf die Seite getreten. Die Bogenwurzeln stehen jetzt parallel. Die Querfortsätze sind, wie am 2. Brustwirbel, der Richtung der Bogenwurzeln gefolgt und haben sich mehr nach rückwärts gerichtet. Der Dornfortsatz ist stark nach abwärts gedreht.

Durch die Neigung der Wirbelsäule im Brustsegment nach vorn pflanzt sich der auf die Wirbelkörper ausgeübte Druck in der Richtung nach vorn fort und es findet eine dahin gehende Verschiebung der Knochenmasse statt, während an den Dornfortsätzen ein Zug nach hinten und unten wirksam ist. Die Wirbelbogenhälfte dreht sich um eine Achse, welche in vertikaler Richtung durch die Gelenke geht. Das Wirbelloch verlängert und verschmälert sich, um an der Lendenlordose an Breite wieder zu gewinnen.

Am 12. Brustwirbel und an den Lendenwirbeln divergiren die Bogenwurzeln nach vorn. Die rudimentären Querfortsätze haben eine dementsprechende Drehung nach hinten ausgeführt. An der Lendenwirbelsäule ist die Form des Wirbelloches abhängig von dem Zug, der an den Dornfort-

sätzen nach oben wirkt. Es kommt zur Einknickung des Bogens in das Wirbelloch, welche am deutlichsten an der dreieckigen Gestalt des Wirbelloches am 5. Lendenwirbel zu erkennen ist. Die Streckung geht hier in die Breite.

Die pathologische Formgestaltung des Wirbels ist der physiologischen ähnlich. Die Streckung des Bogens in der Konkavität einer Skoliose nach der Schwerlinie hin ist zum Theil der Effekt der seitlichen Belastung der Wirbelsäule. Die Abknickung der Wirbelbogen auf dem im Scheitel der Verkrümmung gelegenen Querschnitt, wo die Torsion (im Gegensatz zur Rotation) am geringsten, die Aufeinanderstemmung der Gelenkfortsätze am stärksten ist, zeigt sich in Folge dessen ebenfalls verstärkt. Der Wirbel wird gewissermassen nach der Richtung des grössten Druckes hin ausgewalzt, also vom Wirbelkörper hinweg über die Gelenkfortsätze hinüber.

Wenn wir das Wirbelloch eines Keilwirbels von vorn nach hinten halbiren, so entsteht in der konkaven Hälfte ein ungleichschenkeliges Dreieck, dessen Spitze nach der konkaven Seite hin gerichtet ist. Es kann beobachtet werden, dass der eine oder der andere oder beide nach der Konkavität hin konvergirende Schenkel dieses Dreieckes sich zu je einer Kurve auswachsen, deren Konvexität nach dem Wirbelloch hin gerichtet ist. Ob mehr der vordere oder der hintere Dreieckschenkel vorragt, hängt davon ab, ob die Skoliose mehr kyphotischen oder mehr lordotischen Charakter trägt. Das beschriebene Dreieck gewinnt durch die Vorwölbung seiner Kurven Aehnlichkeit mit einem Dreieck, das, von den Höhenverhältnissen abgesehen, durch Halbirung des Wirbelloches des normalen 5. Lendewirbels von links nach rechts, mit der Spitze nach rückwärts gerichtet, entsteht. Es liegt nahe, auch darin einen Einfluss der Neigung zu erkennen. Wenigstens verstehen wir, dass die Abknickung der konkavseitigen Hälfte eine stärkere ist als diejenige der konvexseitigen.

Gegen die von Lorenz aufgestellte Regel, dass sich am skoliotischen Wirbel die obere Hälfte des Wirbelkörpers mit dem davon ausgehenden Bogen gegen die untere Hälfte im Sinne der Abknickung der Bogenwurzeln gedreht hätte, hat Albert sowohl im Jahre 1890 als im Jahre 1899 geltend gemacht, dass diese Drehung sowohl nach der konkaven als nach der konvexen Seite stattfinden könne. Mit anderen Worten: Wenn der Wirbelkörper nach der Seite der Konvexität gedreht wird und es dadurch zu einer Knickung zwischen Wirbelkörper und Bogenwurzel an der konvexen Seite kommt, so müssten die Bogenwurzeln in der Richtung nach rückwärts gegen die konvexe Seite hin ablenken, sie lenken aber auch in den von Albert gewählten Beispielen nach der konkaven Seite hin ab. Dies ist nach Lorenz dadurch zu erklären, dass der Wirbelkörper bei der Deviation den ganzen mit ihm durch die Bogenwurzeln verbundenen Ring hinter sich

schleppt. Dadurch ist die Abknickung erklärt, aber die Gesammtwindung der Wirbelsäule ist, wie Albert sagt, in das Wasser gefallen.

Gegen die Lorenz'sche Theorie der Abknickung hat ferner Nicoladoni auch das Verhalten der Ligamenta radiata in's Feld geführt, welche an den Rippenköpfchen entspringen und in die lateralen Flächen der Brustwirbelkörper ausstrahlen. Wenn die obere Hälfte des Wirbels im Sinne von Lorenz gegen die Konvexität wie mit den Branchen einer immer fort wirkenden Zange gedreht würde, so müsste das Ligamentum radiatum der konvexen Seite eher kürzer, das der konkaven Seite eher länger geworden sein, was nach Nicoladoni nicht zutrifft. Es kommt hier natürlich auch auf die Dislokation der Rippenköpfchen selbst an, die Nicoladoni in einer späteren Arbeit [1]) berücksichtigt hat. Nicoladoni nimmt hier an, dass in Folge der starken sagittalen Entwickelung der konkavseitigen Wirbelhälfte das konkave Rippenköpfchen stark nach vorn gezogen ist. Nach Nicoladoni macht nämlich der Wirbelkörper eine Schwenkung nach der konvexen Seite, hervorgerufen dadurch, dass vom konkavseitigen Wirbelbogengelenk aus, resp. von den dort einander begegnenden Processus articulares, eine Massenverschiebung nach der konvexen Seite hin stattfindet. Wir haben gesehen, dass die konkavseitigen Gelenke keinen derartigen Ruhepunkt bilden, dass von ihnen eine solche Entfaltung der Knochensubstanz der Fläche nach ausgehen könnte. Die Dislokation der konkavseitigen Rippenköpfchen nach vorn kommt mechanisch durch Druck der Rippe nach der konvexen Seite hin bei der Abknickung zu Stande. An ihnen, resp. am Thorax, ist der gleiche Horizontalschub vorhanden wie an der Wirbelsäule. Wenn aber eine derartige Verschiebung der Rippenköpfchen vorhanden ist, so wird auch aus dem Verhalten der konkavseitigen Ligamenta radiata kein Argument gegen Lorenz zu entnehmen sein.

Ausserdem hat Nicoladoni die Vermuthung von Lorenz bekämpft, dass die eigenthümliche Art der Corticalisfaserung an der konkaven Seite der Wirbelkörper als Ausdruck der Knochentorsion aufzufassen ist. Nicoladoni hat nachgewiesen, dass die Fasern des mittleren Fascikels des mit dem Periost der Wirbelsäule innig verbundenen vorderen Längsbandes an der konkaven Seite der skoliotischen Verkrümmung zu einer massigen vorspringenden Falx zusammengedrängt werden, weshalb er das anatomische Vorne der skoliotischen Wirbelsäule hinter die Massenmitte des asymmetrisch gestalteten vorderen Längsbandes verlegte. An einer Stelle bietet das vordere Längsband das Ansehen eines scharf spiraligen Verlaufes, nämlich an der Vorderfläche der indifferenten (Stütz-) Wirbel, an welchen das Ligament von der einen Konkavität in die andere hinübergezogen wird. Vor dem indifferenten Wirbel hört die Falxbildung auf, weil die Fasern

[1]) Die Architektur der kindlichen Skoliose. Wien 1894.

des Bandes über die Vorderseite in spiraliger Form hinübersteigen. „Diese sanft spiralige Zeichnung in der Rinde des Knochens ist nur ein Abdruck des innig mit ihm in Verbindung gestandenen Bandes, nicht aber der Ausdruck einer Torsion des ganzen Knochengefüges, denn sie findet sich nur an der Vorderseite des indifferenten skoliotischen Wirbels, wo früher das Ligamentum longitudinale anterius haftete, niemals aber in seinen Flanken." Aus dem Verhalten des vorderen Längsbandes geht hervor, dass es der Rotation der Wirbelsäule in ähnlicher Weise entgegenwirkt wie die Bogenwurzeln. Natürlich ist es zu schwach, um die Rotation verhindern zu können. Seine Zusammenschiebung in die Konkavität ist zunächst auf seine Retraktion zurückzuführen. Aber auch das Längsband ist torquirt, was wieder für die Anschauung von Lorenz spricht.

Nicht erklärt wird durch die Lorenz'sche Theorie, wie auf eine linkskonvexe Lumbalskoliose eine rechtskonvexe Dorsalskoliose folgen muss. Lorenz hilft sich über diese Schwierigkeit hinweg, indem er von einer primären Lumbal- oder Lumbodorsalskoliose und von einer primären Dorsalskoliose spricht. Es ist jedoch die Lehre von den primären und sekundären Skoliosen nur dann zu vertheidigen, wenn wir hinsichtlich der Entstehung der Skoliose die Statik vollständig ausser Acht lassen.

Als direkte Folge der durch die seitliche Flexion bedingten ungleichmässigen Belastung bezeichnet Lorenz nur die Atrophie der gesammten konkavseitigen Wirbelhälfte. Die keilförmige Zuschrägung der Wirbelkörper ist nach Lorenz ebenso Atrophie wie die Verkürzung und Verschmälerung der Bogenwurzeln. Wenn aber eine Entfernung des Wirbelkörpers von der Gelenkpartie des Bogens weg stattfindet, wie Lorenz annimmt, so muss sich doch auch eine Dehnung an dem zwischen beiden Partien gelegenen Hals der Bogenwurzel geltend machen. Diese Dehnung findet in der That statt am konkavseitigen Bogenhals, nicht aber am konvexseitigen, was wiederum für die Rotation spricht. Wir haben oben schon ausgeführt, wie eine Streckung des Bogens und Bogenhalses nach der Konkavität hin stattfindet.

Nun müsste doch aber der Bogenhals, wenn er gedehnt sein soll, auch länger sein. Es wird auch von einzelnen Autoren (Meyer, Engel, Dornblüth) die konkavseitige Bogenwurzel als die längere, die konvexseitige als die kürzere bezeichnet. Lorenz gibt dem gegenüber an, er habe auf dieses Verhältniss sein besonderes Augenmerk gerichtet und sich überzeugt, dass ausnahmslos die konkavseitige Bogenwurzel bedeutend kürzer sei als die konvexseitige. Die Verkürzung ist aber nur eine scheinbare, da sie von der Wanderung der konkavseitigen Gelenkflächen nach vorn herrührt. Dieses Verhalten ist von Lorenz nicht beachtet worden, es wäre ja ein Hauptargument für die Rotation gewesen. Wenn nach dem Centrum der Krümmung hin die Gelenkfläche des oberen Gelenkfortsatzes immer

mehr nach vorn verschoben und vom unteren Gelenkfortsatz des darüber liegenden Wirbels wie von einem Meissel nach vorn erweitert wird, so lässt sich doch nur an eine Rotationsbewegung um die Längsachse der Wirbelsäule oder eines Abschnittes derselben denken.

Was schliesslich die Angabe von Lorenz betrifft, dass die Abknickung an der basalen Epiphysenfuge als an einem Punctum minoris resistentiae erfolge, so kann erwidert werden, dass die Abknickung nicht im Wirbelkörper selbst erfolgt, wo die Bogenwurzeln entspringen, sondern im Hals des Bogens, da ältere Individuen die gleichen Abknickungserscheinungen erkennen lassen wie jüngere, ausserdem ein Punctum minoris resistentiae im Epiphysenknorpel ebenso wenig gelegen ist wie im Bandapparat. Der nachgiebigere Theil ist bei der Skoliose der Knochen.

Wir verlassen nunmehr die Lorenz'sche Theorie, die, wie gezeigt wurde, zu vielfachen Erörterungen in der Litteratur Veranlassung gegeben hat, und wollen nur noch die Ansicht Nicoladoni's über die Torsion der skoliotischen Wirbelsäule anführen. Nicoladoni sagt[1]): „Das, was an der Gesammtheit einer skoliotischen Brustwirbelsäule als Torsion bezeichnet wird, findet sich nur dann, wenn gleichzeitig einseitige Reklination vorhanden ist." Nun ist Nicoladoni geneigt, die Reklination als Ursache einer Frontschwenkung der Wirbelfaçade nach der Konvexität hin anzunehmen. Wir erblicken dagegen in der Reklination eine Wirkung der Frontschwenkung, resp. der Rotation. Es kommen aber auch weniger torquirte, skoliotische Bogen vor, in welchen die Richtung des stärksten Druckes nicht über die Gelenke, sondern nach vorn über die Wirbelkörper hinwegführt, wo wir also berechtigt sind, von einer Deklination statt von einer Reklination zu sprechen.

So korrekt ausserdem die von Nicoladoni ausgeführten Untersuchungen an horizontalen Serienschnitten durch skoliotische Wirbelsäulen sind, so wenig ist aus denselben ein Beweis hervorgegangen für die verschiedenartigen Drehungen, welche die skoliotischen Wirbel ausführen. Eine volle Würdigung werden die Abbildungen von Nicoladoni erst finden können, wenn der Mechanismus der gesammten skoliotischen Wirbelsäule aufgeklärt ist. Für sie gilt das, was wir weiter oben gesagt haben: Sind wir über den mechanischen Vorgang im Allgemeinen einmal in's Klare gekommen, dann ist die Beschreibung des makroskopischen Bildes allerdings wesentlich vereinfacht und erleichtert.

Wir wollen hier auch einige Ansichten der anatomischen und klinischen Lehrbücher anführen.

[1]) Die Architektur der kindlichen Skoliose, Wien 1894.

Gegen Luschka's Meinung)[1], dass die Geneigtheit zu skoliotischen Verkrümmungen der Wirbelsäule im Jugendalter darauf zurückzuführen sei, dass, insoweit die Beweglichkeit der Brustwirbelsäule von dem Verbande der Gelenkfortsätze abhängig sei, dieselbe am bedeutendsten in der Seitwärtsbeugung erscheine, welche um so leichter und in um so grösserer Exkursion eintrete, je nachgiebiger die Wirbelsynchondrosen seien, und Merkel's Angabe[2]), dass die ersten Stadien der Skoliose nichts anderes seien als eine stärkere Ausprägung der physiologischen Seitenkrümmung der Wirbelsäule, muss entgegen gehalten werden, dass die Abknickung der Wirbelsäule nicht allein an Stellen vorkommt, denen aus anatomischen Gründen eine grössere Beweglichkeit zugeschrieben werden kann, auch nicht an Stellen, an denen die physiologische Kurvatur gesucht wird, sondern überall da, wo aus statischen Gründen nicht die Unmöglichkeit einer Durchbiegung oder Abknickung besteht. Nach Luschka und Merkel müsste der Centralpunkt der Skoliose an ein bestimmtes Segment gebunden sein, was nicht der Fall ist. Ausserdem ist der hundertjährige Streit über die physiologische Seitenkrümmung, der mit der Beobachtung von Sabatier beginnt, dass sich in der Gegend der Umbiegungsstelle der Aorta, wahrscheinlich in Folge Druckes derselben, eine Konkavität der Wirbelsäule nach links bilde, von den Anatomen selbst noch nicht entschieden. Es handelt sich, wie zuletzt Schulthess nachgewiesen hat, nicht um eine Skoliose, sondern um eine Abplattung der Wirbelkörper durch die Aorta.

Dass ein Wirbel in einem skoliotischen Bogen in der Konkavität nach der Richtung des Gelenkes hin belastet wird, ist oben schon auseinander gesetzt worden. Der Wirbel wird also in diagonaler Richtung gepresst. In Folge der Rotation verlagert sich der Wirbelkörper nach der Seite der Konvexität. Die Seitenverlagerung lässt aber Herth durch eine Drehung um eine diagonale Achse entstehen. Dieser Ansicht schliesst sich Hoffa an, indem er davon ausgeht, dass jede seitliche Ausbiegung der Brustwirbelsäule mit einer Drehung der Wirbel um eine diagonale Achse verbunden sei. Nur ist Hoffa[3]) geneigt, im weiteren Verlauf eine Rotation anzunehmen. Wird nämlich nach Hoffa die Seitenbewegung weiter fortgesetzt, so bildet sich an den auf- und absteigenden Gelenkfortsätzen ein Hypomochlion (cf. oben) und der im Scheitel der Krümmung liegende Wirbel wird nach der Seite der Konvexität hin abgehebelt. Die Reklination ist dann die erste Torsions- oder vielmehr Rotationserscheinung. Danach käme also auch die Skoliose zu Stande durch Uebertreibung der physiologischen Seitenbewegung. Dann hat aber die Theorie an der Lendenwirbelsäule ihr Ende erreicht, da hier, wie

[1]) Die Anatomie des Menschen. I. Bd. II. Abth. Tübingen 1863.
[2]) Handbuch der topographischen Anatomie, Braunschweig 1896.
[3]) Lehrbuch der orthopäd. Chirurgie 3. Aufl. Stuttgart 1898.

v. Lenhossék[1]) hervorhob, die Stellung der Gelenkfortsätze im Lendenabschnitt der Wirbelsäule eine derartige ist, dass auf den ersten Blick Bewegungen um eine sagittale Achse geradezu ausgeschlossen zu sein scheinen. Mit Recht hat Hoffa darauf hingewiesen, dass die Schrägwirbel die stärkste Drehung zeigen, und dass die Seitenabweichung des Scheitels die Torsion hervorruft. Wir können nur immer wieder betonen, dass diese Seitenabweichung nur auf Durchbiegung oder Abknickung der Wirbelkörperreihe zurückzuführen ist. Wir brauchen keine komplizirten Vorgänge anzunehmen.

Wir können also auch König[2]) nicht zustimmen, wenn er, der Henke'schen Auffassung folgend, die Erklärung der Torsion darin findet, dass die Drehung der Wirbelkörper nach derselben Seite gehe, nach welcher die Abduktionsbewegung erfolgte, ganz so, wie es bei der physiologischen Seitenbewegung, an der sich stets ein gewisser Antheil von Drehung um die Längsachse der Wirbelsäule vollziehe, zu sein pflege. „Somit liegt also auch in dieser Rotation nichts Auffallendes, sie manifestirt sich als pathologische Steigerung der physiologischen Bewegung." Dass König mit dieser Erklärung selbst nicht auskommt, geht aus folgenden Worten hervor: „Die Wirbelsäule gibt den Effekten der Belastung nach einer bestimmten Richtung nach, wenn dieselben andauernd auf einen verhältnissmässig zu weichen Knochen einwirken." Das ist aber nach König bei jeder Skoliose der Fall, bei der rachitischen, habituellen und statischen.

Es ist nicht nothwendig, ein Uebermass von Gelenkbewegungen als Ursache der Skoliose bei vorhandener Weichheit der Knochen anzunehmen. Gelenkbewegungen im Verlauf der Skoliose, soweit sie morphologisch in Betracht kommen, hängen unbedingt nur von dem statischen Verhalten der ganzen Säule ab und es entsteht keine Skoliose, wenn die Säule nicht an irgend einer Stelle durchgebogen oder geknickt wird. Um den Mechanismus der Skoliose begreiflich zu finden, ist es deshalb in erster Linie nothwendig, sich von der Vorstellung einer primären Steigerung physiologischer Bewegungen frei zu machen.

H. Meyer's Ansicht über die Rotation der skoliotischen Wirbelsäule, die er im Jahre 1865 in seiner Arbeit über die Mechanik der Skoliose niederlegte, hat das Schicksal gehabt, dass sie bis zum Jahre 1899 fast in allen Arbeiten, die sich mit der pathologischen Anatomie und mit dem Mechanismus der Skoliose beschäftigten, verworfen wurde. So hat noch

[1]) Sitzungsberichte der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg, 1894 Nr. 6.
[2]) Lehrbuch der speziellen Chirurgie. 7. Aufl. Berlin 1900 III. Bd.

im Jahre 1892 Herth geschrieben: „Der Theorie von Meyer mangelt aber nicht bloss die physikalische Begründung, auch der pathologisch-anatomische Befund an den einzelnen Wirbeln, sowie die Reihenfolge der Veränderungen stehen damit nicht im Einklang, endlich auch nicht die anatomischen Verhältnisse der normalen Wirbelsäule.“ H. Meyer[1]) hat aber zuerst die Thatsache festgestellt, dass vom ersten Moment der Seitenbewegung ab eine Rotation vorhanden ist. Allerdings hat er die Seitenbewegung selbst nicht erklärt. Der Meyer'schen Ansicht hat erst Albert[2]) im Jahre 1899 Anerkennung verschafft. Auf die Arbeiten dieser beiden Autoren werden wir nunmehr näher einzugehen haben.

Wenn wir von Albert absehen, so haben nur bei einigen Autoren, welche die Skoliose ausschliesslich vom klinischen Standpunkte aus betrachteten [Schildbach[3]), Schulthess[4])], Meyer's Ausführungen Beachtung gefunden. Andere, wie M. Eulenburg, verhielten sich aber schroff ablehnend. M. Eulenburg[5]) schrieb, dass er H. Meyer nicht dahin folgen könne, die lebendige Wirbelsäule mit dem leblosen elastischen Stabe zu identifiziren und ihre Beugung allein von physikalischer Belastung abhängig zu machen. Damit hat M. Eulenburg dokumentirt, dass es nicht möglich war, mit ihm über die Statik des Knochengerüstes zu diskutiren. Denn Elasticität ist eine Eigenschaft des „Lebendigen“ wie des „Leblosen“. Eulenburg war der letzte jener einseitigen Theoretiker, welche den Muskeln alles, den Knochen nichts zuwiesen. Er hatte aber auch mit seiner geistreich geführten Polemik nicht mehr den Erfolg, die myopathische Theorie zu retten, welche während eines Zeitraumes von mehr als 100 Jahren den Vorrang hatte.

Ein weiterer Vorwurf, der Meyer von Eulenburg gemacht wurde, ist der, dass nach Meyer's rein mechanischer Auffassung eine normale Wirbelsäule kaum vorkommen könne, da alle menschlichen Wirbelsäulen vertikal belastet seien. Eulenburg meinte ferner, es müsse sich, wenn Meyer's Ansicht richtig wäre, jede Wirbelsäule seitlich verkrümmen, wenn sie auf die Belastung durch Verbiegung reagirt. Dagegen lässt sich sagen, dass sich thatsächlich jede vertikal belastete Wirbelsäule unter dem Einfluss des auf ihr lastenden Druckes verbiegt. Selbstverständlich gibt es an der Wirbelsäule wie am elastischen Stab eine Grenze der Biegung, welche nicht überschritten werden darf, wenn noch Tragfähigkeit bestehen soll. Nicht bestritten kann werden, dass die physiologischen Krümmungen

[1]) Die Mechanik der Skoliose. Virchow's Archiv. Bd. 35, 1865.
[2]) Der Mechanismus der skoliotischen Wirbelsäule. Wien 1899.
[3]) Die Skoliose. Leipzig 1872.
[4]) Centralbl. für orthopädische Chirurgie und Mechanik 1889, Nr. 9 und 10.
[5]) Die seitlichen Rückgrats-Verkrümmungen, Berlin 1876.

der Wirbelsäule mechanisch zu Stande gekommen sind. Dass aber die Wirbelsäule nicht auch seitlich sich verbiegt, so lange sie gesund bleibt, liegt daran, dass sie ausser ihrer Elasticität auch Befestigungen und Hemmungsvorrichtungen besitzt, welche sie vor der seitlichen Verbiegung schützen und sie veranlassen, immer wieder in die Mitte des Körpers zurückzukehren. Damit ist zugleich der dritte Einwand Eulenburg's entkräftigt, welcher darin liegt, dass Eulenburg auch gar keine Erklärung dafür findet, dass die Wirbelsäule durch die Belastung so überwiegend häufig einer seitlichen Ausbiegung verfalle. Die Belastung kann eben nur dann eine seitliche Ausbiegung hervorrufen, wenn die Elasticität der Wirbelsäule und des Thorax vermindert ist.

H. Meyer führte die Torsion der skoliotischen Wirbelsäule auf die Rotation und die Rotation auf die ungleichmässige Kompressionsfähigkeit der Körperreihe und der Bogenreihe zurück. Die späteren Autoren, welche die pathologische Anatomie der Skoliose in Angriff nahmen, haben, wie gesagt, den Gedanken Meyer's nicht weiter ausgebaut. Lorenz, dessen Untersuchungen ja unzweifelhaft neue, interessante Thatsachen am skoliotischen Einzelwirbel zu Tage förderten, machte gegen die Meyer'sche Theorie geltend, dass sie die Abknickung zwischen Wirbelkörper und Wirbelbogen, welche Lorenz als den Ausdruck der Torsion bezeichnet, nicht erkläre. Nun beruhen aber die Lorenz'schen Befunde nicht allein auf der Torsion der Wirbelsäule, sondern auch auf der Pressung der inklinirten, seitlich geknickten Wirbelsäule. Die Meyer'sche Theorie würde also auch die Inklinationserscheinungen nicht vollkommen erklären. Das gibt Meyer selbst zu, indem er sagt: „Es wird nur noch die Frage entstehen dürfen, wie eigentlich die seitliche Biegung eingeleitet wird". Meyer vermuthet, dass die seitliche Biegung durch Muskelwirkung zu Stande kommt. Er kennt also für das Zustandekommen dieser Biegung kein in der Wirbelsäule selbst gelegenes statisches Prinzip, wie es durch die Knickung der Wirbelsäule gegeben ist. Die Annahme, dass eine Knickung vorhanden ist, schliesst gar nicht einmal den Gedanken aus, dass eine Muskelwirkung dabei im Spiele ist.

Nach dem Vorgang von Hirschfeld hat Meyer gezeigt, dass die Körperreihe einen sehr geringen, die Bogenreihe einen sehr beträchtlichen Grad von Kompressionsfähigkeit besitzt. Dieses Verhalten ist aber nur ein Beweis dafür, dass bei der Kompression zweier verschieden hoher Säulen die höhere einen weiteren Bogen beschreiben muss, als die niedrigere. Denn ehe es zu einer Belastung der niedrigeren Säule, hier der Bogenreihe, kommt, muss die längere Säule, hier die Körperreihe, schon deformirt, seitlich schon abgewichen sein. Der Unterschied in der Höhe der beiden Reihen ist gegeben durch die Verkürzung, welche die Bogenreihe bei der Belastung erleiden kann, ohne dass sie sich biegen muss.

Nun würde sich die ungleichmässige Kompressionsfähigkeit beider Reihen erst dann äussern können, wenn beide Reihen auch gleichmässig belastet würden. Die Belastung ist aber in der Bogenreihe gleich Null, da die Bogenreihe normalerweise ja in einem Spannungszustand sich befindet. Nur die Wirbelkörper können als die Träger des Körpergewichts betrachtet werden.

Die Spannung, unter welcher die Bogenreihe steht, verleiht ihr die Tendenz, in der Mittellinie zu verbleiben, während sich die Körperreihe nach aussen windet. Dadurch bildet die Bogenreihe in jedem Querschnitt einen fixen Punkt, um welchen die Körperreihe eine Drehung ausführt. In diesem Sinne muss auch die Seeger-Albert'sche Torsion, von der noch die Rede sein wird, aufgefasst werden.

Wenn es nur die verschiedenartige Reaktion auf die Kompression wäre, welche die Rotation bedingt, so müsste jede Skoliose an jeder Stelle auch eine Lordose aufweisen. Meyer findet auch, dass eine lordotische Bewegung bei der Ausbildung einer Skoliose in der Brustgegend als eine ebenso nothwendige Theilerscheinung „erscheint" wie die spiralige Drehung. Es wird schon aus den bisherigen Erörterungen hervorgegangen sein, dass der mittlere Krümmungsbogen einer Skoliose im Brustsegment nicht lordotisch sein muss.

Dass ferner bei der Skoliose die Wirbelkörper nach der Konvexität, die Wirbelbogen nach der Konkavität hin gelagert sind, hat seinen Grund nicht in der ungleichmässigen Kompressionsfähigkeit der Körperreihe und der Bogenreihe, sondern in der Tendenz, in der die Rotation vor sich geht. Beim Genu valgum können wir dieselbe Beobachtung machen. Dort rotirt das Kniegelenk ebenfalls um eine vertikale Achse und ruft eine der Rotation entsprechende Torsion des Femur und der Tibia hervor. Beim Genu valgum ist die Beanspruchung auf Zerknickung in gleicher Weise vorhanden wie bei der Skoliose. Die laterale Seite des Kniegelenkes wendet sich beim Genu valgum nach rückwärts, die mediale nach vorwärts. Betrachten wir einen kypho-skoliotischen Bogen von vorn (Fig. 21), so werden uns die analogen Verhältnisse klar, ohne dass wir näher darauf einzugehen brauchen. Auch brauchen wir es gerade nicht in Abrede zu stellen, dass die verschiedenartige Kompressionsfähigkeit bei der Wirkung der Rotation hinsichtlich des Grades gar keine Rolle spielt. Nur ein ursächliches Moment für die Rotation ist in ihr nicht gegeben. Wie wäre es auch nach der Meyer'schen Theorie zu erklären, dass beim Beginn einer bogenförmigen kyphotischen Brustskoliose, wo die Lordose (resp. die Reklination) noch gar nicht ausgeprägt ist, die Bogenreihe nicht nur nicht zusammengedrückt, sondern unter Umständen sogar auseinander gezogen, gedehnt ist?

Somit hat also Meyer die Rotation auf die Beziehungen der Körper- und Bogenreihe der Wirbelsäule zurückgeführt, aber auch darauf hinge-

wiesen, dass die Körperreihe eine grössere Beweglichkeit nach der Seite hin besitzt als die Bogenreihe. Diese Beziehungen sind wohl von Einfluss für die Richtung und den Grad der Rotation. Die Dislokation der Wirbelkörper jedoch geht nur von den Wirbelkörpern aus und hängt nur ab von der statischen Beanspruchung derselben im Sinne einer Durchbiegung oder Zerknickung.

Was, um noch einmal darauf zurückzukommen, die Beobachtung Meyer's anbelangt, dass die normale Kyphose der Brustwirbelsäule mit dem Bestehen einer Skoliose unverträglich sei, so bezieht sich Meyer wahrscheinlich auf die gleichen Veränderungen, die Albert später mit dem Namen Reklination belegt hat. Meyer spricht aber von einer lordotischen Bewegung als von einer ebenso nothwendigen Theilerscheinung wie von der spiraligen Drehung, durch welche die Körperreihe der Wirbelsäule in einem höheren Bogen gegen vorn tritt. Relative Lordose nennt Meyer die Aufhebung der normalen Kyphose, absolute Lordose die Weiterbildung der relativen. Es kommt hier indess lediglich nur auf die Auffassung des Wortes Lordose an. Verstehen wir unter Lordose die Rückwärtsbiegung der ganzen Wirbelsäule, so hat Meyer gewiss Unrecht mit der Behauptung, dass die lordotische Bewegung eine nothwendige Theilerscheinung der Skoliose sei. Die im Brustsegment der Wirbelsäule beginnende Skoliose ist sogar stets von einer kyphotischen Bewegung begleitet. Die lordotische Brustskoliose ist dagegen nur möglich als Reaktion auf eine unterhalb derselben gelegene kyphotische Lumbodorsalskoliose. Verstehen wir aber unter Lordose lediglich die Bewegungsrichtung, die sich am einzelnen Wirbel nach rückwärts geltend macht, so ist Meyer im Recht, wie Albert im Recht war, wenn er das Niedrigerwerden des Keilwirbels nach hinten als Reklination bezeichnete. Nur dürfen diese Erscheinungen nicht so gedeutet werden, dass wirklich eine Bewegung der Gesammtwirbelsäule nach rückwärts stattgefunden hat. Dreht sich ein Keilwirbel durch eine rotatorische Bewegung um eine vertikale Achse aus dem Gefüge der Wirbelsäule nach aussen, so kann er durch excentrische Belastung auch nicht mehr rein seitlich belastet werden, sondern auf der konkaven Seite muss seine hintere Partie mit in den Bereich der Unterstützungsfläche einbezogen werden. Nach Meyer müsste man allerdings eine lordotische Bewegung der Gesammtwirbelsäule annehmen.

Albert[1]) spricht von Abwegen, auf die uns die von Engel, Hüter und Nicoladoni vorgebrachten Ansichten geführt hatten und erklärt, dass die Rotationstheorie erwiesen sei. Zu der von Meyer aufgestellten Theorie fehle nur der detaillirte Nachweis aus dem pathologischen Objekte. Albert ging also nicht näher auf eine Kritik der Meyer'schen Theorie ein, sondern

[1]) Der Mechanismus der skoliotischen Wirbelsäule, Wien 1899.

er betrachtete die pathologisch-anatomischen Veränderungen an der skoliotischen Wirbelsäule wieder unter dem Gesichtspunkt der Rotation, welche nach seiner Ausführung nicht nur das Bild der Gesammtwindung des Systems, sondern auch die unter dem Namen Torsion zusammenzufassenden Erscheinungen erklärt. Worauf die Rotation zurückzuführen ist, hat auch Albert nicht näher erörtert. Ohne die Rotation erklären zu können, werden wir aber kein vollkommenes Bild vom Mechanismus der Skoliose zu entwerfen in der Lage sein. Denn erst dann, wenn auch die Rotation erklärt ist, werden uns die Beziehungen zwischen Rotation und Torsion, über welche so lange gestritten werden konnte, klar werden. Dass die Begriffe Rotation und Torsion nicht zusammenfallen, beweist ja schon der Umstand, dass die am stärksten durch Rotation abgewichenen Keilwirbel, wenn wir von solchen überhaupt reden können, am wenigsten in ihrem Gefüge torquirt sind. Die Torsion erreicht in solchen Keilwirbeln ihr Ende, während die Rotation von ihnen ausgeht. Ideell handelt es sich natürlich nur um einen im Scheitel gelegenen Querschnitt, an welchem die Torsion aufhört. Da aber kein Keilwirbel parallele End-, resp. Basalflächen hat, so kann von einem gänzlichen Verschwinden der Torsion nicht die Rede sein und es ist deshalb nur richtig, zu sagen, dass im Scheitel einer Skoliose die Torsionserscheinungen am wenigsten ausgeprägt sind.

Warum rotiren nun die Keilwirbel? Das ist die Frage, die Meyer und Albert zu beantworten übrig gelassen haben. Die Keilwirbel rotiren aus statischen Gründen, weil sie in Folge der Knickungsbeanspruchung der ganzen Wirbelsäule seitlich ausweichen müssen. Sie können aber nicht rein seitlich ausweichen, weil ja, wie schon erwähnt wurde, erstens die Wirbelsäule am oberen und unteren Ende fixirt ist, zweitens weil der Wirbel vorn freier ist als hinten.

Ebenso wenig wie Meyer erklärt Albert die Inklination der Wirbelsäule, welche ebenfalls mit der Durchbiegung oder Abknickung derselben einhergeht und leicht durch die statische Beanspruchung erklärt werden kann, wie wir später noch sehen werden.

Dass Albert die Deformation der Wirbelsäule nicht ausschliesslich als Störung der statischen Verhältnisse, somit nicht die Abknickung der Gesammtwirbelsäule als Grundursache aller morphologischen Veränderungen ansieht, dürfte zur Genüge daraus hervorgehen, dass er der Meinung ist, dass die von Meyer an Leichen angestellten Versuche von Neuem aufzunehmen seien. In den Meyer'schen Versuchen ist das nicht enthalten, was die Skoliose zur Skoliose macht, nämlich gerade wieder die Beanspruchung auf Zerknickung. Es ist wenigstens darauf gar kein Gewicht gelegt. Meyer hat wohl eine Windung erzeugt, in der er eine Rotation erkannte, aber keine Deformation im pathologischen Sinne. Meyer's Windung geht vom Bandapparat aus, die Skoliose aber ausschliesslich vom

Knochen. Alle experimentellen Untersuchungen an Leichen werden schliesslich daran scheitern, dass die Knochen nicht in den Zustand versetzt werden können, in welchem sie sich bei der Entstehung und im Verlaufe der Skoliose befinden. Wenn wir allerdings die Wirbelsäule bis zum Bruch derselben einknicken, so können wir einen der winkeligen Skoliose ähnlichen Zustand erzielen.

Den Vorgang der Rotation findet Albert an der Umgestaltung der Wirbelgelenke, d. h. an der Erweiterung der Gelenkflächen auf Seite der Konvexität und an der Verkleinerung derselben auf Seite der Konkavität. Es erscheint zweckmässiger, das Hauptgewicht nicht auf die Erweiterung oder Verkleinerung der Gelenkflächen zu legen, sondern auf die Wanderung derselben. Denn Erweiterung und Verkleinerung kommt auch durch Inklination zu Stande. Rotation bedeutet hier aber Drehung eines Wirbels um eine vertikale Längsachse. Da nun nicht alle Wirbel den gleichen Grad der Drehung aufweisen, so kommt es zu einem Anstemmen der Gelenke gegen einander in horizontaler Richtung. Im Centrum einer kyphoskoliotischen Wirbelsäule sind deshalb die Gelenkflächen am weitesten nach vorn gegen die Wirbelkörper hin auf dem Bogenhals gewandert, was wir als Grund der scheinbaren Verkürzung des Bogenhalses bereits angegeben haben. Vom Centrum der Konkavität aus treten die Gelenkflächen nach oben und nach unten hin wieder immer mehr vom Wirbelkörper und vom Bogenhals zurück.

Wenn Albert ferner glaubt, dass die Reklination die Bedeutung hat, dass sie das Verschwinden der physiologischen Kyphose und die Abflachung des Rückens erklärt, so können wir nicht beistimmen. Der Reklination ist neben der Inklination eine derartige Stellung nicht einzuräumen. An kyphoskoliotischen wie an lordo-skoliotischen Segmenten kommt die Reklination, wie schon wiederholt erwähnt wurde, dadurch zu Stande, dass die rotirten Wirbel nach der Seite hin belastet und gepresst werden.

Anfangs war Albert geneigt, die Reklination als „reines Inflexionssymptom“ aufzufassen und in Bezug hierauf schrieb er im Jahre 1890 [1]: „Ueberhaupt ist die Analyse der Gelenksveränderungen an den skoliotischen Wirbeln einer der kompliziertesten Gegenstände, da hier Stellung des Fortsatzes, Neigung der Fläche, Zugrundegehen und andererseits wieder Fortführung der Gelenkflächen in fast unentwirrbarer Weise ineinander greifen“. „Wann und welcher Weise die Inflexion und Reklination aufeinanderfolgen oder gleichzeitig zusammenwirken, ist heute noch unerklärlich, und dürften hier verschiedene Typen des Vorganges aufzufinden sein“. Nachdem später Albert sich der Meyer'schen Rotationstheorie angeschlossen hatte, betrachtete er die Reklination als Torsionserscheinung.

[1]) Zur Theorie der Skoliose, Wien 1890.

Wenn ausserdem Albert unter der Reklination eine stärkere Neigung der konkavseitigen Gelenkflächen nach vorn und eine stärkere Neigung der konvexseitigen Gelenkflächen nach rückwärts versteht, so ist in dieser Allgemeinheit die Reklination nicht genügend charakterisirt. Nur im unteren Abschnitt eines kyphotischen Segmentes trifft diese Reklination zu. Im oberen Abschnitt eines solchen Segmentes ist gerade das Umgekehrte der Fall. Die konkavseitigen Gelenkflächen sind hier nach rückwärts, die konvexseitigen nach vorwärts geneigt, wenn die Skoliose hochgradig genug ist, um dies erkennen zu lassen. An den Keilwirbeln äussert sich nach Albert die Reklination dadurch, dass die Gelenkflächen der aufsteigenden Gelenkfortsätze förmlich in einer Flucht mit der hinteren Fläche der Bogen verlaufen. Ausschliesslich eine Torsionserscheinung ist darin nicht zu erkennen.

Den Reklinationserscheinungen könnte man die Deklinationserscheinungen zur Seite setzen und in beiden den Ausdruck einer Torsion um eine frontale Achse suchen. Albert selbst spricht von der Reklination als von einer sagittalen Torsion, weil sie auf der sagittalen Projektion sichtbar ist. Eine Drehung des Knochengefüges um eine frontale Achse ist jedoch keineswegs vorhanden. Diese Symptome hängen vielmehr nur ab von der Rotation in longitudinaler Richtung und von der Inklination. Die Rotation ruft die Schiefstellung der Gelenke nach vorwärts und nach rückwärts hervor, die Inklination verstärkt sie.

Wir brauchen somit keineswegs die Bezeichnung Reklination fallen zu lassen und können sie sogar als eine Torsionserscheinung anerkennen. Aber ebenso berechtigt ist dann in der That die Bezeichnung Deklination. Unter Inklination hätten wir alsdann die rein seitliche Schiefstellung der Gelenkflächen zu verstehen. In morphologischer Hinsicht werden uns diese Bezeichnungen willkommen sein.

Es ist nicht ganz gerechtfertigt, wenn Albert die von Lorenz entdeckten Abknickungserscheinungen als horizontale Torsion bezeichnet. Denn auf der horizontalen Projektion ist eine Torsion thatsächlich in dieser Abknickung nicht zu erkennen, sondern nur, wie Lorenz dies auch behauptet hat, eine Seitenverschiebung. Fassen wir die Bewegung in's Auge, die zur Torsion führte, nämlich die Rotation um eine vertikale Achse, so müssen wir konsequenter Weise auch von einer vertikalen Torsion sprechen. Vielleicht ist es zweckmässiger, dieselbe als longitudinale Torsion zu bezeichnen, wie wir dies bereits angedeutet haben. Als Ausdruck derselben sind nicht allein die von Lorenz beschriebenen Abknickungserscheinungen der Bogenwurzeln anzuerkennen, sondern die sich durch den ganzen Wirbel hindurchziehenden Veränderungen in der Längsrichtung der Wirbelsäule.

Seeger[1]) wies zuerst auf die Drehung des Wirbelbogens um eine sagittale Achse hin. Albert nannte diese Drehung frontale Torsion, weil sie auf der frontalen Projektion am deutlichsten ist, und bezeichnete sie noch in seiner letzten Arbeit als eine komplizirte Erscheinung, was man begreift, da nach Albert innige Beziehungen bestehen sollen zwischen der Drehung des Bogens und der bekannten schiefen Faserung der Kortikalis der Wirbelkörper. Es macht nach Albert den Eindruck, als ob der Winkel, um welchen der Bogen nach der einen Seite gedreht ist, gleich wäre dem Winkel, um welchen die Kortikalisfasern aus ihrer senkrechten Richtung nach der anderen Seite ablenken. Wenn wir Beziehungen nicht weiter suchen, als sie vorhanden sind, und Rotation und Inflexion von einander getrennt betrachten, so verschwindet auch die „Kompliziertheit der Erscheinungen". Es ist schon davon die Rede gewesen, dass die zweite Art der Torsion zu Stande kommt einerseits durch Drehung der Wirbelkörper um eine sagittale Achse, resp. durch Neigung derselben zur Seite, andererseits durch den Widerstand, der dieser Bewegung in der Bogenreihe entgegen gesetzt wird. Fassen wir also die Torsion nicht als ein reines Phänomen auf, sondern als das Resultat einer Bewegung um eine sagittale Achse, so dürfen wir sie auch nur als sagittale Torsion bezeichnen. Albert nannte sie aber frontale Torsion, weil sie auf der frontalen Projektion ersichtlich ist. Unter sagittaler Torsion verstand Albert die Reklination, in der wir jedoch keine selbstständige Torsionserscheinung finden können.

Um einer Verwirrung vorzubeugen, bezeichnen wir die soeben erwähnte Torsion als transversale Torsion. Selbstverständlich geht diese in sagittaler Richtung vor sich. Eine dritte Art der Torsion existirt nicht. Auch ist die schiefe Faserung der Kortikalis unabhängig von der transversalen Torsion.

Wir sehen also, dass der Mechanismus der Skoliose durch den Nachweis der Rotation doch noch nicht weit genug ausgebaut war, da die Rotation nicht alle Erscheinungen der Skoliose aufklärt. Es muss auffallen, dass die Richtung der Torsion in der unteren Hälfte der Skoliose entgegengesetzt derjenigen in der oberen Hälfte derselben ist. Das untere Ende der Skoliose müsste bei einer gleichrichtigen Torsion nach links gedreht sein, wenn das obere Ende derselben nach rechts gedreht wäre. Aber die Wirbelsäule ist bei der Skoliose in zwei Abschnitte getheilt, von denen jede eine andere Torsionsrichtung aufweist. Ist daher die Basis einer Skoliose nach links torquirt, so ist auch die Spitze derselben nach links torquirt, der Scheitel aber nach rechts.

Die Auffassung des Begriffes Rotation bedarf noch einiger Bemerkungen. An dem Beispiel der festen und beweglichen Rollen des Flaschenzuges

[1]) Pathologie und Theorie der Rückgratsverkrümmungen, Wien und Leipzig, 1890.

können wir ersehen, dass Drehachsen feste und freie Achsen sein können, je nachdem die betreffenden Körper genöthigt sind, an einem Ort zu bleiben, oder mit der Drehung eine gleichzeitige Verschiebung erfahren.

Unter Rotation versteht man die kreisförmige Bewegung eines Punktes um eine feste oder freie Achse. Unter Torsion versteht man dagegen, wie schon gesagt wurde, Festigkeit oder den Widerstand, den ein Körper der Verdrehung entgegensetzt. Es erscheint deshalb fast unbegreiflich, dass man von einer Torsion sprechen zu müssen glaubte, ohne sie auf die Rotation zurückzuführen. Die Torsion setzt stets eine Rotation voraus. Auch die Neigung der Wirbelkörper ist in diesem Sinne als Rotation und zwar als Rotation um eine sagittale Achse aufzufassen.

Wenn sich nun an der skoliotischen Wirbelsäule ein Querschnitt findet, der nur rotirt und nicht torquirt ist, so muss nothwendiger Weise die Torsion von der Rotation ihren Ausgang genommen haben und die ganze Deformität muss an der Stelle der Rotation ihren Centralpunkt haben. Es muss aber auch eine Kraft vorhanden sein, welche diese Drehung verursacht hat. Diese Kraft ist an der skoliotischen Wirbelsäule durch die Abknickung gegeben. Eine Torsion würde sich zwar auch ohne Abknickung der Wirbelkörperreihe über die ganze skoliotische Wirbelsäule erstrecken können. Aber die Torsion erfährt bei der Skoliose auch eine Ablenkung und die Keilwirbel treten aus dem Gefüge der Wirbelsäule heraus dadurch, dass sie sich um freie Achsen drehen, während am oberen und unteren Ende sowohl der Drehung als der Verschiebung ein Widerstand entgegen gesetzt wird.

Von Albert wird auch die horizontale Stellung der Dornfortsätze als Reklinationserscheinung aufgefasst. Ist also auch die horizontale Stellung der Dornfortsätze eine Torsionserscheinung? Wir finden in derselben zunächst ein Symptom der Lordose. Lordose und Reklination können aber nicht als identisch bezeichnet werden, weil an einem skoliotischen Bogen, der zugleich kyphotisch ist, sich wohl die Erscheinungen der Reklination ausgeprägt finden, nicht die der Lordose. Erst durch die Seitenabweichung treten die Dornfortsätze in Beziehung zur Reklination oder Deklination.

# V.

## Zusammenfassung.

Den Mechanismus der Skoliose können wir in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Die Wirbelsäule wird auf Zerknickung oder Durchbiegung nach der Seite hin beansprucht. Davon ausgehend, sprechen wir von einer statischen Theorie der Skoliose.

2. Theilen wir die skoliotische Kurve am Rückkehrpunkt, wo die Reflexion stattfindet, in zwei Abschnitte, so sehen wir an jedem Abschnitt der Wirbelsäule zwei weitere Bewegungsvorgänge ausgelöst, nämlich a) die Rotation, b) die Inflexion.

3. Die Rotation entsteht wegen der Befestigung der Wirbelsäule am unteren Ende durch das Becken und am oberen Ende durch die aufrechte Haltung des Kopfes an der Stelle der stärksten statischen Beanspruchung, also da, wo das Maximum der Kurve liegt, das Biegungsmoment demnach am grössten und der Horizontalschub am stärksten ist, durch Drehung um eine vertikale, freie Achse. Die Richtung der Rotation wird bestimmt durch die Abknickung oder Durchbiegung der Wirbelsäule nicht nur nach der Seite, sondern auch nach vorn oder rückwärts.

4. Auch bei winkeliger Abknickung ist an der skoliotischen Wirbelsäule oberhalb und unterhalb des Rückkehrpunktes eine Inflexion zu bemerken, die nur nicht, wie bei der bogenförmigen Skoliose, zwischen zwei gleich langen Abschnitten der inflektirten Kurve gelegen ist. Es fehlt nämlich auch bei der winkeligen Abknickung die Rotation im Maximum der Kurve nicht, welche zur Inflexion führt.

5. Der Widerstand, der sich der Rotation in der Längsrichtung und in der Quere entgegenstellt, äussert sich einerseits in der longitudinalen, andererseits in der transversalen Torsion.

6. Je nach der Richtung des Horizontalschubes an der Knickungsstelle unterscheiden wir einen kyphotischen und einen lordotischen Typus der Skoliose.

7. Neigung und Pressung sind keine selbstständigen Erscheinungen, sondern, wie die Torsionen, Wirkungen entweder der Rotation oder der Inflexion. Reklination und Deklination beruht auf Rotation um die vertikale Längsachse, Inklination auf Inflexion. Ebenso ist die Stellung des Bogenhalses und der Querfortsätze abhängig von der Richtung der Rotation oder der Inflexion.

Tabellarisch stellt sich die Eintheilung folgendermassen dar:

Kyphose — Lordose

Beanspruchung auf Zerknickung nach der Seite

I. Reflexion

II. Rotation.

A. Wirbelkörper: longitudinale Torsion.

B. Wirbelbogen:
1. Reklination und Deklination,
2. Abknickung der Bogenwurzeln und der Querfortsätze um eine vertikale Achse.

C. Wirbelkörper und Wirbelbogen: Pressung von vorn nach hinten. Wanderung der Gelenkflächen.

III. Inflexion.

A. Wirbelkörper: transversale Torsion.

B. Wirbelbogen:
1. Inklination,
2. Drehung der Bogenwurzeln und der Querfortsätze um eine sagittale Achse.

C. Wirbelkörper und Wirbelbogen: Pressung von oben nach unten. Keilform.

# VI.

## Morphologische Detailfragen.

Behalten wir den Mechanismus der Skoliose bei der Schilderung der topographischen und morphologischen Verhältnisse derselben im Auge, so sind wir nach den hauptsächlichen Bewegungen der Gesammtwirbelsäule in horizontaler und vertikaler Richtung berechtigt, von Rotationswirbeln und Inflexionswirbeln zu sprechen. Der Name Reflexion besagt nur die Theilung der Kurve in zwei Theile, die sich gegenseitig rückläufig verhalten.

Unter Rotationswirbeln haben wir diejenigen Wirbel zu verstehen, welche am Scheitel oder an der Spitze der Verkrümmung in der Nachbarschaft des rotatorischen Querschnittes gelegen sind, und unter Inflexionswirbeln diejenigen Wirbel, welche zu beiden Seiten an der Grenze der Inflexion gelegen sind. Es bleiben dann noch die Wirbel übrig, welche an der Basis oder an der Spitze der Wirbelsäule an der Verkrümmung weniger betheiligt sind. Diese können, falls sie nicht auch die Rolle von Rotationswirbeln übernehmen, als Ausgangswirbel bezeichnet werden. In praktischer Hinsicht genügt es, von Rotations- und Inflexionswirbeln zu sprechen. Diese Bezeichnungen wollen so viel bedeuten wie die Bezeichnungen Keilwirbel und Schrägwirbel (Kocher), welch' letztere jedoch über den Mechanismus der Skoliose zugleich eine nähere Aufklärung zu geben nicht in der Lage sind. Wir wollen aber auch den Bezeichnungen Keilwirbel und Schrägwirbel die Berechtigung nicht bestreiten.

Eine strenge Abgrenzung zwischen Rotations- und Inflexionswirbeln ist kaum möglich, da durch die ganze Verkrümmung hindurch Erscheinungen der Rotation und Inflexion zu verfolgen sind, wie es ja auch keine Wirbel gibt, die entweder nur als Keil- oder nur als Schrägwirbel bezeichnet werden können, d. h. entweder nur die Keilform oder nur die schräge Faserung erkennen lassen. Die einzelnen Merkmale gehen allmählich in einander über.

Die bisherigen Ergebnisse wollen wir nunmehr an einem Beispiel klar legen.

Das in Fig. 21 und Fig. 22 dargestellte Präparat, bestehend aus 10 Brustwirbeln und den 5 Lendenwirbeln, bietet ein schönes Beispiel einer bogenförmigen Kypho-Skoliose. Das Maximum der Kurve, also der rotatorische Querschnitt, liegt zwischen den 10. und 11. Brustwirbel. Die Knickung erfolgte nach vorn und nach der linken Seite, der Horizontalschub und damit die Rotation ist nach hinten und nach rechts gerichtet. Dementsprechend ist die Inflexion oben und unten lordotisch.

Fig. 21.

Verfolgen wir an diesem Beispiel die Erscheinungen in morphologischer Hinsicht weiter, zunächst am unzerlegten Präparat, so finden wir dieselben wiederum abhängig 1. von der Reflexion, 2. von der Rotation, 3. von der Inflexion.

## Die Reflexion.

Auf die Reflexion haben wir sowohl bei der Schilderung der Rotation als bei der Schilderung der Inflexion Bedacht zu nehmen. Um Wiederholungen zu vermeiden, brauchen wir hier nicht weiter auf deren Besprechung einzugehen. Wir haben aber den Grad der Reflexion festzustellen. Wir bestimmen denselben, indem wir durch die Inflexionspunkte die dazu gehörigen Tangenten ziehen (Fig. 23 *a b* und *c d*). Um die Inflexionspunkte an dem Präparat zu finden, suchen wir an demselben jenen Querschnitt auf, der die stärkste negative, und jenen, der die stärkste positive Neigung zeigt (Fig. 22). Der erstere liegt in der Intervertebralscheibe zwischen dem 6. und 7. Brustwirbel, der letztere zwischen dem 1. und 2. Lendenwirbel. Senkrecht auf jeden dieser Querschnitte wird die Tangente gezogen. Beide Tangenten schliessen einen Winkel von 85 Grad ein (Fig. 23 $\alpha$).

Fig. 22.

Damit haben wir zugleich auch einen Massstab für die Bestimmung der Inflexion gewonnen, deren Grösse durch den in Fig. 23 schematisch dargestellten Winkel $\beta$ (105 Grad) angedeutet ist.

## Die Rotation.

Der rotatorische Querschnitt liegt zwischen dem 10. und 11. Brustwirbel.

Die durch die Rotation erzeugte longitudinale Torsion ist oberhalb und unterhalb der Inflexionspunkte negativ, zwischen den Inflexionspunkten, also im Scheitel oder auf der Höhe der Krümmung, positiv.

Die Wirbelkörper sind an den Inflexionsstellen im Sinne der longitudinalen Torsion am deutlichsten schräg gestaltet. Die grösste Schrägheit der Wirbelkörper findet sich somit an den Stellen der grössten Neigung ihrer Endflächen. Die keilförmige Abschrägung ist dagegen an den Inflexionsstellen am geringsten ausgeprägt.

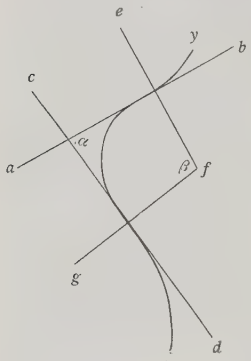

Fig. 23.

Ziehen wir also durch die Mittelpunkte der vorderen Fläche der Wirbelkörper eine Linie, so zeigt diese einen spiraligen Verlauf (Fig. 23 $x\,y$), wie selbstverständlich jede weitere Linie, die parallel zur Mittellinie gezogen wird.

In Folge der Torsion ist wahrscheinlich auch eine absolute Verkürzung des oberen und unteren Schenkels der Skoliose eingetreten, somit eine Kompression der Wirbelkörper in axialer Richtung, die sich vielleicht in der verhältnissmässig erheblicheren Breite und geringeren Höhe der Lendenwirbel äussert, sowie an dem Tiefertreten der unteren Gelenkfortsätze an der Lendenwirbelsäule und an dem Anstemmen der unteren Gelenkfortsätze der Brustwirbelsäule auf die Querfortsätze der darunter liegenden Wirbel sogar an manchen Stellen der Konvexität.

Als Wirkung der Rotation an den Wirbelbogen ist zu verzeichnen die Wanderung der Gelenkflächen auf der konkaven Seite nach vorn, sowie die Reklination und die Deklination der Gelenke.

Wir sehen nämlich, wie nach dem Centrum der Konkavität hin die linksseitigen unteren Gelenkfortsätze die darunter liegenden oberen immer mehr nach vorn schieben und förmlich ausgraben (Fig. 26), wie ausserdem sich die Gelenke nach dem Centrum der Konkavität hin von oben her immer mehr nach rückwärts, von unten her wegen der Reflexion immer mehr nach vorwärts neigen. Die Neigung der Gelenke zeigt sich am besten an den oberen Gelenkfortstäzen. Die Rückwärtsneigung derselben bezeichneten wir als Reklination, die Vorwärtsneigung als Deklination.

Der Mittelpunkt der Krümmung auf der konvexen Seite ist andererseits die Grenzscheide zwischen der Deklination in der oberen Hälfte und der Reklination in der unteren Hälfte (Fig. 26).

Wir ersehen daraus, dass auf Seite der Konvexität wie auf Seite der Konkavität sowohl Reklination als Deklination anzutreffen ist, sowie dass mitten in der Krümmung ein eigenartiger Wechsel stattfindet. Links ist die Neigung anders wie rechts, oben anders wie unten.

Betrachten wir die Wirbelkörperreihe im Zusammenhang mit der Wirbelbogenreihe, so sehen wir, dass die longitudinale Torsion sich durch die ganze Dicke der Wirbelsäule hindurch erstreckt. Während aber die vordere Front des rotirenden Querschnittes in der Mitte der Verkrümmung von der Medianebene aus scheinbar eine Drehung von 75 Grad ausgeführt hat, ist der Bogen mit dem Dornfortsatz dieser Drehung nur um 63 Grad gefolgt. An der Stelle der stärksten Durchbiegung ist also die Wirbelkörperreihe gegen die Wirbelbogenreihe um 12 Grad nach der Konvexität hin in transversaler Richtung abgeknickt — scheinbar, denn diese rotatorische Abknickung auf dem Querschnitt erreicht, wie wir später sehen werden, noch einen höheren Grad und die ursprüngliche vordere Mittellinie stimmt mit der scheinbaren Mittellinie der deformirten Wirbelsäule nicht überein.

Fig. 24.

Diese Abknickung muss um eine Achse erfolgen, die in vertikaler Richtung durch das Foramen vertebrale verläuft. An hochgradig verkrümmten Skoliosen ist sie an dem auf der Höhe der Konvexität gelegenen Foramen intervertebrale deutlich zu erkennen. In Fig. 24 finden wir z. B. das erwähnte Foramen stark eingeengt. Es bildet einen schmalen Spalt, während das gegenüber liegende, konkavseitige Foramen intervertebrale eine kleine, rundliche Oeffnung darstellt.

In Folge der rotatorischen Abknickung der Bogenwurzeln auf dem Querschnitt wird die konvexseitige Bogenwurzel kürzer und höher (Fig. 24). Die konkavseitige Bogenwurzel dehnt sich. Letztere wird schmaler, niedriger, aber ebenfalls kürzer. Die Ursache dieser Verkürzung in transversaler Richtung ist auf die erwähnte Wanderung der reklinirten und deklinirten Gelenkflächen nach vorn, die nach dem Centrum der Konkavität hin allmählich zunimmt, zurückzuführen.

Es ist verständlich, dass die Intervertebralscheiben im Sinne einer Torsion ebenfalls verändert werden. Auch an dem mit dem Wirbelkörper

verwachsenen Ligamentum longitudinale anterius müssen Torsionserscheinungen aufzufinden sein, was sich am macerirten Präparat jedoch nicht auseinander setzen lässt. Das vordere Längsband wird einen elastischen Widerstand ausüben in ähnlicher Weise wie die Bandmassen der Wirbelbogenreihe.

Schliesslich wird auch die Kyphose von der Rotation beeinflusst, wenn wir unter Kyphose diejenigen Veränderungen verstehen, welche in der ursprünglichen Medianebene gelegen sind. Am kyphotischen Segment der skoliotischen Wirbelsäule sehen wir, dass die Reklination bestimmend ist für die Stellung der Dornfortsätze. Die Dornfortsätze sind nämlich auf der Höhe der Konvexität gesenkt, was sich allerdings auch, wie bei der normalen Brustkyphose, aus der Spannung in der Bogenreihe erklären lässt. In der lordotischen Krümmung am oberen und unteren Schenkel der skoliotischen Verkrümmung sind die Dornfortsätze gehoben und folgen somit unter dem Einfluss der Rotation der Deklination (cf. pag. 51).

## Die Inflexion.

Als erstes Symptom der ungleichmässigen Inflexion der Bogen- und Körperreihe haben wir wieder die transversale Torsion zu erwähnen. An dem zu beschreibenden Präparat ist die transversale Torsion in der oberen Hälfte negativ, in der unteren Hälfte positiv (Fig. 22, Fig. 23 *e f* und *g f*).

Von hinten oder von der Seite betrachtet, lässt nämlich das Präparat erkennen, dass sich von der Mitte der Konkavität aus nach oben die Querfortsätze nach oben, von der Mitte der Konkavität aus nach unten die Querfortsätze nach unten richten (Fig. 21). Von der Mitte der Konvexität aus zeigen die Querfortsätze in der unteren Hälfte der Verkrümmung aufsteigende, in der oberen Hälfte derselben absteigende Tendenz (Fig. 22). Dieses Heben und Senken der Wirbelbogen nach der einen oder der anderen Richtung beruht, wie gesagt, auf der Inflexion. Da aber die Inflexion in der Bogenreihe erheblich geringer ist als in der Körperreihe, so muss es zu einer Torsion kommen.

Wie die Reklination und Deklination eine Begleiterscheinung der Rotation, so ist die Inklination eine Begleiterscheinung der Inflexion. Die Inklination beruht vor Allem in der Schiefstellung der Gelenke nach der Seite der Konkavität hin und der entsprechenden seitlichen Umlegung der oberen Gelenkfortsätze.

In Verbindung mit der Inklination entsteht die Seitenpressung, ferner die Verschiebung des Nucleus pulposus gegen den Rand der konvexen Seite hin, die Albert als Reklination bezeichnet hat, sowie die Abknickung der konvexseitigen Querfortsätze nach unten, welch' letztere der Senkung der Dornfortsätze auf der Höhe der normalen Brustkyphose entspricht.

Zu erwähnen ist im Anschluss hieran, dass natürlich die Lagerung des Nucleus pulposus nicht allein auf die Inklination, sondern auch auf die rotatorische Abknickung des Wirbelkörpers auf dem Querschnitt zurückzuführen ist.

Die Pressung ist das gemeinsame Merkmal der verschiedenartigen Neigung. Der Charakter der Inklination, Reklination oder Deklination ist an den gepressten Theilen überall deutlich zu erkennen.

Die konkavseitige Wirbelhälfte ist infolge der Inklination breit gedrückt, die Gelenke sind flach gelegt. In der Mitte der Konkavität geht die Reklination in die Deklination über. Der untere Gelenkfortsatz des 10. Brustwirbels ist an unserem Präparat am niedrigsten. Er ist noch deutlich reklinirt. Aber das Rudiment seiner ursprünglichen Gelenkfläche ist auch schon nach vorn geneigt, d. h. deklinirt, während die Gelenkfläche nach rückwärts, wie an allen Rotationswirbeln, nearthrotisch durch Kantenpressung am Wirbelbogen ziemlich erheblich erweitert ist. Die Pressung führt bei hochgradiger Verkrümmung dahin, dass die konkavseitige Bogenhälfte, lateral betrachtet, wie ein länglicher, eingezwängter Wulst erscheint, der oben einen keilförmigen Einschnitt zeigt und sich nach unten ebenfalls keilförmig verjüngt (Fig. 25).

Fig. 25.

Die unterhalb der Reflexionsstelle gelegenen drei Wirbel, nämlich der 11. und 12. Brustwirbel und 1. Lendenwirbel, zeigen eine stärkere Deformation der konkavseitigen Gelenkflächen und eine breitere Nearthrosenfläche als die oberhalb derselben gelegenen drei Wirbel, was leicht durch die anatomischen Verhältnisse zu erklären ist. Denn die Wirbel unterhalb des Scheitels zeigen für die Deformation einen viel grösseren Angriffspunkt.

Dass die Pressung auch eine Dehnung nach der Konkavität hin zu Stande bringt, ist ebenfalls in dem in Fig. 21 dargestellten Präparat zu erkennen. Es findet nach dem oben Gesagten eine Streckung der Bogenwurzel statt.

Je mehr die Gelenkfortsätze in die Breite gehen, desto kürzer, schmaler und niedriger werden die Querfortsätze. Was in der Konkavität an Substanz vermindert ist, finden wir in der Konvexität wieder. Nirgends finden wir aber am unzerlegten Präparat Andeutungen dafür, dass infolge der Pressung der Bogen vom Körper oder der Körper vom Bogen Substanz übernommen hat. Auch finden wir nicht, dass die Wirbelkörper auf Seite der Konvexität höher geworden sind. Sie sind deshalb nicht höher geworden, weil die Deformation an den Knochen ja bei verminderter, nicht bei normaler Elasticität einsetzt. Die Höhe des 10. Brustwirbels auf der Seite der Konvexität beträgt 2,3, auf der Seite der Konkavität 0,9 cm. Etwas erheblicher ist der Unterschied in der Höhe beider Bogentheile. Die Entfernung zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt des Seitentheiles des Bogens

Fig. 26.

3. Brustwirbel bis 5. Lendenwirbel des Präparates in Fig. 21. Ansicht von oben. — Die Wirbel der 1. Reihe liegen oberhalb der oberen, die Wirbel der 3. Reihe unterhalb der unteren Inflexionsstelle. — Die Wirbel der 2. Reihe liegen zu beiden Seiten der Reflexionsstelle.

des 10. Brustwirbels beträgt auf Seite der Konvexität 4,75, auf Seite der Konkavität 2,75 cm.

Dass die Wirbelkörper in der Konvexität von einander abstehen und einen Spalt bilden, in welchem der Nucleus pulposus liegt, wurde schon erwähnt.

Das an der Reflexionsstelle gelegene, konkavseitige Foramen intervertebrale ist an unserem Präparat — wie in der Regel — am kleinsten. Durch die Rotation findet nämlich eine Verkleinerung desselben in sagittaler Richtung statt. An der gegenüberliegenden, konvexen Seite ist das Foramen intervertebrale verhältnissmässig am grössten, was jedoch, wie Fig. 24 zeigt, nicht immer der Fall zu sein braucht. Oberhalb und unterhalb der Rotationsgrenze ist das Foramen intervertebrale oblong gestaltet, oder auch ovoid. Der Längsdurchmesser folgt der Tendenz der Gelenkflächen. Wenn die Reklination vorherrscht, so liegt die Spitze des Ovoids unten am Uebergang der Bogenwurzel in den Körper (Fig. 24). Wenn die Deklination vorherrscht, so ist die Tendenz der Umkehr deutlich zu bemerken.

Wir haben noch der Stellung der Rippenköpfchen zu gedenken. Wir sehen an der konkaven Seite des Präparates, das in Fig. 24 abgebildet ist, deutlich den Raum, in den die Rippenköpfchen hineingetrieben waren. Sie waren nach vorn gewandert und zu ihrer Befestigung hatte sich ein Knochenwall gebildet. Um ebenso viel, als die konkavseitig gelegenen Rippenköpfchen vorgerückt sind, zeigen sich die Rippenköpfchen in der Konvexität nicht zurückgeschoben. Die Rückwärtswanderung derselben ist aber in Fig. 24 immerhin angedeutet.

Wir werden nunmehr das Präparat (Fig. 21) zerlegen und die Wirbel einzeln untersuchen (Fig. 26 und 27).

## Wirbelkörper.

Die Wirbel, welche zu beiden Seiten der Querschnitte gelegen sind, in welcher die Inflexionspunkte gesucht werden müssen (Inflexionsquerschnitte), nämlich der 7. und 8. Brustwirbel, sowie der 1. und 2. Lendenwirbel, zeigen in Folge der longitudinalen Torsion den verhältnissmässig höchsten Grad der Schrägheit, während die zu beiden Seiten des Rotationsquerschnittes gelegenen Wirbel, nämlich der 10. und 11. Brustwirbel, den verhältnissmässig höchsten Grad der seitlichen Pressung erkennen lassen. In geringerem Grade ist die Pressung auch an der seitlichen Abschrägung der Körper der Ausgangswirbel ausgeprägt, welche dadurch ebenfalls zu Rotationswirbeln geworden sind.

Bei der Betrachtung der Wirbel von der Seite her beobachten wir die ab- und zunehmende Höhe der Wirbelkörper, die sich aus dem Wechsel von Konvexität und Konkavität ergibt. Ausserdem erkennen wir die

Fig. 27.
Dieselben Wirbel wie in Fig. 26. Ansicht von unten.

Wanderung der Foveae costales an den Brustwirbeln nach vorn. Von oben nach unten bis zur Mitte der Konkavität werden die Foveae costales zugleich allmählich kleiner und flacher, bis sie ganz verschwinden. Auch die Foveae costales transversales nehmen an Ausdehnung ab und wandern nach vorn. Die Distanz des Centrums der Fovea costalis und des Centrums der Fovea costalis transversalis am 3. Brustwirbel beträgt, mit dem Zirkel gemessen, links 2,5 cm, in der Konkavität am 10. Brustwirbel dagegen 1,5 cm. An der gegenüber liegenden Seite werden von oben nach unten die Foveae costales ebenfalls flacher, aber breiter, ebenso die Foveae costales transversales. Ihre Distanz vermindert sich in Folge der rotatorischen Abknickung der Wirbelkörper ebenfalls (3,0 cm am 3., 1,2 cm am 10. Brustwirbel).

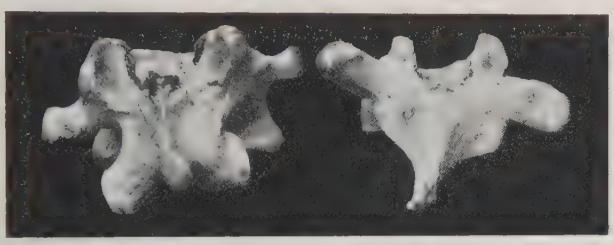

Fig. 28.
Inflexionswirbel (2. Lendenwirbel und 7. Brustwirbel).

Vorn erscheint die longitudinale Torsion stärker als hinten. Deshalb verläuft an der vorderen Fläche der Wirbelkörper die longitudinale Mittellinie schräger als an der hinteren. Die transversalen Mittellinien, die durch die oberen und die unteren Endflächen der Wirbelkörper von hinten nach vorn gelegt werden können, müssen nach vorn, der Torsion folgend, divergiren. Die transversalen Mittellinien sind aber keine geraden Linien mehr, sondern Kurven. Diese Kurven divergiren natürlich ebenfalls nach vorn. Auf die Bestimmung dieser Kurven, ferner auf die Bestimmung der Mitte der Wirbelkörper und des Wirbelloches, sowie auf das Verhalten der an unserem Präparat noch sehr deutlichen Epiphysenknorpelfugen werden wir bei der Besprechung der Asymmetrie des Wirbels noch näher einzugehen haben.

## Wirbelbogen.

An der Stellung der Wirbelkörper zu den Wirbelbogen in frontaler Projektion erkennen wir die transversale Torsion (Fig. 28). Die Direktion dieser Torsion geht von den Wirbelkörpern, nicht von den Wirbelbogen aus. Denn würde sich der Bogen im Ganzen um eine sagittale Achse drehen, so würde die zwischen den aufsteigenden Gelenkfortsätzen gelegene Incisura semilunaris von oben nach unten genau die Richtung einzunehmen haben wie der Dornfortsatz. Diese Voraussetzung ist nicht immer zutreffend. Ausserdem führt der vom Dornfortsatz gebildete First nicht immer in die Incisura semilunaris hinein.

Die longitudinale Mittellinie an der hinteren Fläche des Wirbelkörpers (Fig. 29 *c d*) kreuzt sich in ihrem Verlauf von oben nach unten und bei

Betrachtung des skoliotischen Wirbels von vorn oder hinten mit der Linie, welche durch den tiefsten Punkt der Incisura semilunaris vor der Mitte der

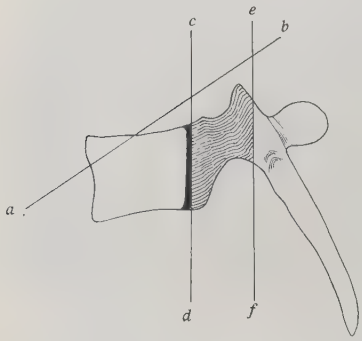


Fig. 29.*)

Fig. 30.
Rotationswirbel (11. Brustwirbel).

Abgangsstelle des Dornfortsatzes in gleicher vertikaler Richtung nach abwärts gezogen werden kann (Fig. 29 *ef*). Zwischen beiden Linien verläuft die neutrale Mittellinie für die longitudinale Torsion, resp. die Achse, um welche sich der Wirbelkörper nach der Seite hin dreht.

In dieser Achse liegt auch der Inflexionspunkt für die transversale Torsion, d. h. die Stelle, an welcher die Neigung des Körpers in die Neigung des Bogens übergeht. Damit ist jedoch nicht zu verwechseln die Inflexion der skoliotischen Kurve.

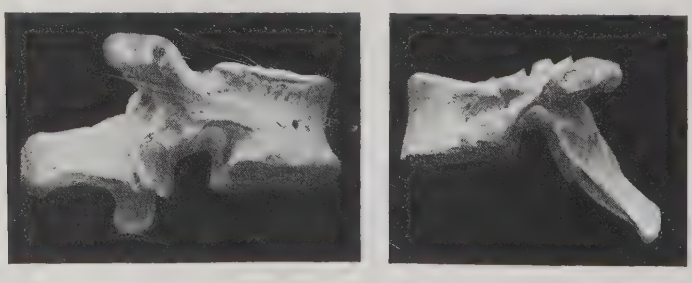

Fig. 31.
Inflexionswirbel (dieselben Wirbel wie in Fig. 28).

Die Lage der neutralen Längsachse auf dem Querschnitt und des Inflexionspunktes der transversalen Torsion wird bestimmt durch den Punkt, der sich aus der Kreuzung des grössten queren und des grössten Längsdurchmessers am deformirten Wirbelloch ergibt (Fig. 30).

*) Auf Seite 29 ist Figur 29 irrtümlicherweise als Figur 33 bezeichnet (cf. Druckfehler-Verzeichniss).

Die auffälligsten Erscheinungen an den Bogenwurzeln sind also die Abknickung nach der Seite und die Drehung um eine sagittale Achse (Fig. 26, Fig. 28). Die erste Erscheinung steht im Zusammenhang mit der longitudinalen, die zweite mit der transversalen Torsion.

Auch eine Abknickung der Bogenwurzeln nach oben oder nach unten ist zu bemerken, und zwar drückt die Reklination die Bogenwurzeln nach oben, die Deklination die Bogenwurzeln nach unten.

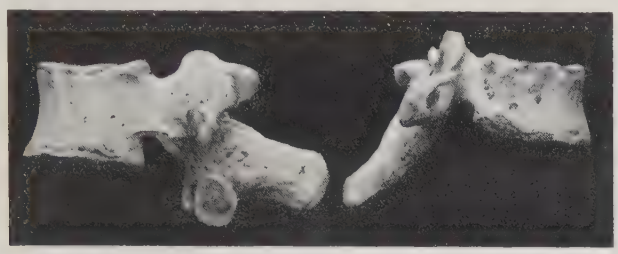

Fig. 32.
Inflexions-Wirbel (dieselben Wirbel wie in Fig. 28 und 31).

Reklination (Fig. 31, Fig. 33), Deklination (Fig. 32, Fig. 34) und Inklination (Fig. 28) sind an der Stellung und Verbreiterung der Gelenke, wie schon wiederholt betont wurde, am deutlichsten zu beobachten.

Die Querfortsätze zeigen eine Abknickung nach unten oder nach oben, wie es ihnen die Inflexion vorschreibt (cf. pag. 58). Der dem Horizontal-

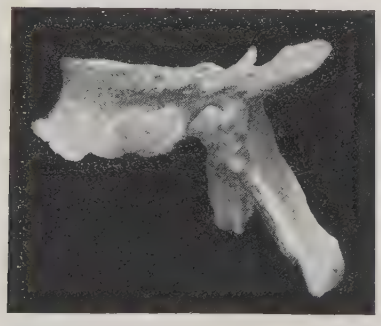

Fig. 33.
Inflexionswirbel.

Fig. 34.
Inflexionswirbel (derselbe wie in Fig. 33).

schub entgegengesetzte Zug nach der Richtung der Konkavität hin bewirkt, dass die Querfortsätze in der oberen Hälfte nach oben, in der unteren Hälfte nach unten abgelenkt werden. Ferner bewirkt die elastische Spannung in der Konvexität, dass die oberen Querfortsätze sich nach abwärts, die unteren sich nach aufwärts richten.

Die Querfortsätze sind aber nicht nur nach aufwärts oder nach abwärts gerichtet in einem bestimmten Verhältniss zur Reklination oder Deklination. Die Antheilnahme derselben an der longitudinalen Torsion

prägt sich auch in ihrer Stellung zu den Wirbelkörpern aus. Betrachten wir einen Wirbel von oben, so erscheinen die Querfortsätze im Sinne der Abknickung der Bogenwurzeln um eine vertikale Achse gedreht. Eine Stellungsveränderung ist thatsächlich vorhanden, weil die Querfortsätze in dem Niveau der Bogenwurzeln und der oberen Hälfte des Wirbelkörpers gelegen sind. Der Dornfortsatz dagegen unterliegt, wenn er in das Gebiet der unteren Endfläche des Wirbelkörpers hinein reicht, dem Einfluss der in diesem Niveau herrschenden Rotationsrichtung. Eine einfache schematische Zeichnung kann uns dies klar machen. In Fig. 35 bedeute *a b c* die

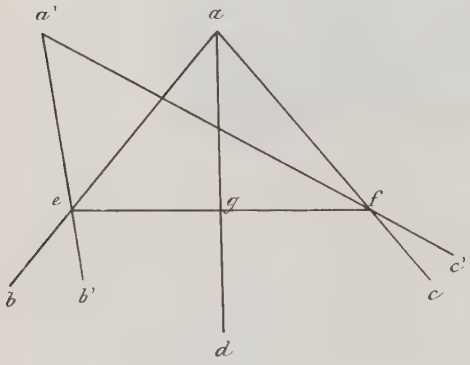


Fig. 35.

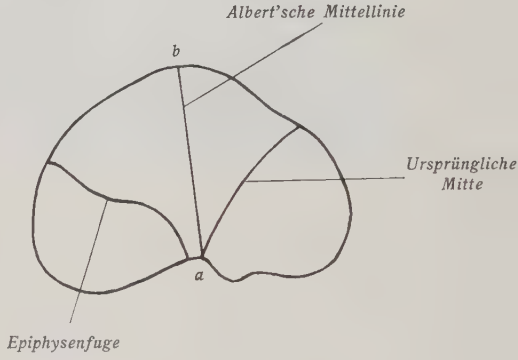


Fig. 36.

Konfiguration der oberen Endfläche eines Wirbels. Lassen wir nun die obere Endplatte nach links rotiren, so entsteht die Figur *a' b' c'*. *e b* nimmt die Richtung *e b'*, *f c* die Richtung *f c'* ein. Analog verhalten sich am skoliotischen Wirbel die Querfortsätze. Nehmen wir weiter an, dass *a b c* die untere und *a' b' c'* die obere Endfläche eines skoliotischen Inflexionswirbels darstellt, so werden wir auch die Stellung des Dornfortsatzes, angedeutet durch die Linie *g d*, begreiflich finden. Die Stellung des Dornfortsatzes richtet sich also nach demjenigen Querschnitt, in welchem sein freies Ende gelegen ist. Da der Dornfortsatz entweder nach links oder nach rechts abgelenkt ist, so hängt diese Stellung davon ab, ob auf der Seite, nach welcher die Ablenkung erfolgte, Reklination oder Deklination vorherrschend ist. Von der Seite der Reklination aus betrachtet, erscheint der Dornfortsatz gesenkt, von der Seite der Deklination aus betrachtet, gehoben. Der gesenkte Dornfortsatz macht also nicht eine Drehung um seine Längsachse, sondern eine solche theils um die longitudinale, theils um die transversale Achse des ganzen Wirbels. Man vergleiche einen Inflexionswirbel (Fig. 26) mit der Zeichnung (Fig. 35) und man wird leicht dieselben Verhältnisse wieder finden. Bei gesenktem Dornfortsatz kreuzt sich die Verlaufsrichtung desselben auch mit der vorderen longitudinalen

Mittellinie des Wirbelkörpers, wodurch die longitudinale Torsion des ganzen Querschnittes der Wirbelsäule zum Vorschein kommt.

Schliesslich ist an den Querfortsätzen auch die transversale Torsion zu erkennen. Neigen sich, wie z. B. in Fig. 21, die Wirbelkörper nach links und entsteht in Folge des elastischen Widerstandes in der Bogenreihe eine Drehung der Wirbelbogen nach rechts, so muss sich, da die Drehung um eine sagittale Achse erfolgt, bei dem diagonalen Verlauf der Querfortsätze die vordere Fläche der linken Querfortsätze schräg nach oben, die vordere Fläche der rechten Querfortsätze schräg nach unten stellen, wie sich bei der Seitenansicht der skoliotischen Wirbel in der That erkennen lässt.

Der Effekt der Pressung ist am deutlichsten am Wirbelbogen ausgesprochen. Die Pressung führt zu einer Verbreiterung desselben und zu einer Verschiebung seiner Grenze.

Die Grenze zwischen Wirbelkörper und Wirbelbogen ist an den Epiphysenfugen auch bei Präparaten, die von älteren Individuen stammen, oft noch recht deutlich erkennbar. Diese Grenze finden wir an der skoliotischen Wirbelsäule auf der einen Seite, nämlich auf der konkaven, oft so weit nach vorn geschoben (Fig. 30, Fig. 36), dass zwischen Bogen und Körper scheinbar ein neugebildeter Knochen entstanden ist. Auf der konvexen Seite wird die Epiphysenfuge zurückgedrängt. Es liegt darin eine Hauptursache der Asymmetrie des Wirbels.

An einem Inflexionswirbel aus der oberen Hälfte einer rechtskonvexen Kypho-Skoliose, z. B. an dem 7. Brustwirbel des in Fig. 21 abgebildeten Präparates, haben wir somit, was den Wirbelbogen betrifft, folgende charakteristische Veränderungen (Fig. 31 und Fig. 32): Reklinatorische Stellung der Gelenke, der Bogenwurzel und des Querfortsatzes, reklinatorische Senkung des Dornfortsatzes — auf der linken Seite; deklinatorische Stellung der Gelenke, der Bogenwurzel und des Querfortsatzes, deklinatorische Stellung der Wirbelplatte — auf der rechten Seite; ferner Abknickung der Bogenwurzeln, der Querfortsätze und des Dornfortsatzes im Sinne der Rotation (Fig. 26); schliesslich inklinatorische Stellung der oberen Gelenkfortsätze nach rechts (Fig. 26 und Fig. 28).

In Fig. 33 und Fig. 34 sind diese Erscheinungen zum Theil noch deutlicher ausgesprochen.

Am 2. Lendenwirbel, einem Inflexionswirbel aus der unteren Hälfte, sind zu bemerken (Fig. 31 und Fig. 32): Deklinatorische Stellung der Gelenke, der Bogenwurzel und des Querfortsatzes — auf der linken Seite; reklinatorische Stellung der Gelenke, der Bogenwurzel und des Querfortsatzes — auf der rechten Seite; ferner Abknickung der Bogenwurzeln, der Querfortsätze und des Dornfortsatzes im Sinne der Rotation, die allerdings nur sehr gering ist, so dass die Querfortsätze fast frontal gerichtet sind

(Fig. 26). Von unten betrachtet, zeigt der Wirbel die Rotationserscheinungen deutlicher. Die oberen Gelenkfortsätze zeigen eine inklinatorische Stellung nach links (Fig. 28). Im Allgemeinen sind am Lendenwirbel die Erscheinungen weniger markant, im Prinzip jedoch gleich denen am Brustwirbel.

Zu diesen Erscheinungen treten an den Rotationswirbeln hinzu auf der konkaven Seite die Niederlegung der Wirbelhälfte (Keilwirbel), die Höhenreduktion der Gelenkfortsätze, die Raumverminderung der Querfortsätze, die nearthrotische Erweiterung der Gelenkflächen, die Verbreiterung des vor dem Bogenhals gelegenen Theiles der Bogenwurzel (Fig. 30 und Fig. 36), die Verschmächtigung des Bogenhalses („Atrophie" der Bogenwurzel), ferner auf der konvexen Seite hauptsächlich die Zurückdrängung der Epiphysenfuge und die Verdickung der Bogenwurzel. Die Asymmetrie ist an den Rotationswirbeln hochgradiger als an den Inflexionswirbeln, diese sind mehr gedreht (Fig. 28), jene mehr gepresst. Ehe wir auf die Asymmetrie näher eingehen, wollen wir noch Einiges über die Beziehungen der Rotation zur Inflexion nachtragen.

## Die Beziehungen zwischen Rotation und Inflexion.

An den Stellen, an denen wir annehmen können, dass die Rotation am stärksten ist, findet sich auch die Abknickung der Bogenwurzeln nach der Seite am deutlichsten ausgeprägt, also an den Keil- oder Rotationswirbeln. Konkavseitig ist die Abknickung stärker als konvexseitig, was wir schematisch in dem Verhalten der Linie *a' c'* zu der Linie *a' b'* der Fig. 35 ausgedrückt finden, wenn wir die Verschiebung nach links vor sich gehen lassen.

Die Abknickung der Bogenwurzeln nach der Seite ist also, abgesehen von der Verstärkung durch die Inklination, zweifellos eine Rotationserscheinung. Sie nimmt nach dem im Scheitel der Verkrümmung gelegenen Rotationscentrum hin zu. Die Drehung der Bogenwurzeln dagegen um eine sagittale Achse ist eine Inflexionserscheinung. Sie nimmt nach dem Rotationscentrum hin ab, nach dem Inflexionscentrum hin zu.

Wir treffen hier auf ein Kriterium dafür, dass beide Torsionsarten nicht mit einander identisch sind (cf. pag. 50). Trotzdem gehen sie aber so weit Hand in Hand, dass sie sich gegenseitig verstärken, und zwar in dem Masse, in dem Inflexion von Rotation um eine freie Achse abhängig ist. Ist es auch nicht die Drehung der Bogenwurzeln um eine sagittale Achse, welche gleichmässig mit der seitlichen Abknickung oder Durchbiegung der ganzen Säule zunimmt (cf. pag. 57), so sind es doch die übrigen Erscheinungen aus der Reihe der Inflexion und der Rotation, welche parallel

mit einander verlaufen, nämlich einerseits Inklination, andererseits Reklination und Deklination.

Die longitudinale Torsion kommt zum Vorschein zwischen den rotirenden Querschnitten oder zwischen dem rotirenden und dem ruhenden Querschnitt. Der neutrale Punkt, resp. der neutrale Querschnitt, der longitudinalen Torsion ist dort gelegen, wo sich positive und negative Torsion aufheben, resp. in einander übergehen. Hier, an der Inflexion der Kurve, ist die Stellung der Bogenwurzeln auf dem Querschnitt am geradesten.

Die transversale Torsion muss sich in der Mitte zwischen Wirbelkörper und Wirbelbogen zeigen, also an den Bogenwurzeln. Diese Torsionserscheinung tritt dort zurück, wo die negative transversale Torsion in die positive übergeht, resp. neutral wird. Dies geschieht an der Reflexion der skoliotischen Kurve, d. h. am rotatorischen Querschnitt.

So kommt es, dass an den Schräg- oder Inflexionswirbeln die Kreuzung des Wirbelkörpers mit dem Wirbelbogen den grössten Winkelgrad aufweist, dass ausserdem nach Albert der Eindruck entsteht, als ob der Winkel, um welchen der Bogen nach der einen Seite gedreht ist, gleich wäre dem Winkel, um welchen die Kortikalisfasern aus ihrer senkrechten Richtung nach der anderen Seite ablenken, „so dass beide Erscheinungen auf einen innigen Zusammenhang hinzudeuten scheinen." Es ist hiezu nur noch einmal zu betonen, dass sich die Körper gegen die Bogen, nicht die Bogen gegen die Körper drehen, und dass dies nichts zu thun hat mit der Aenderung der Richtung der Kortikalisfasern zu den Endflächen der Wirbelkörper, welche allein durch die Rotation verursacht wird. In einer früheren Arbeit hatte Albert gesagt: „Wann und in welcher Weise die Inflexion und Reklination aufeinander oder gleichzeitig zusammen wirken, ist heute noch unerklärlich, und dürften hier verschiedene Typen des Vorganges aufzufinden sein." Was hier Albert unter Inflexion versteht, ist nach unserer Auffassung nur als Inklination zu bezeichnen, deren Beziehung zur Reklination sich aus der Gegenseitigkeit von Inflexion und Rotation ohne Schwierigkeit ableiten lässt. Die verschiedenen Typen, von denen Albert spricht, erklären sich aus der Reflexion, d. h. aus dem Wechsel von Reklination und Deklination am rotatorischen Querschnitt.

Aus den Beziehungen zwischen Rotation und Inflexion resultirt auch die Asymmetrie des Wirbels.

## Die Asymmetrie.

Es findet vom Moment der seitlichen Abweichung an eine Horizontalverschiebung an jedem Wirbelkörper statt. Dass diese Horizontalverschiebung keine reine Seitenverschiebung ist, sondern eine rotatorische, geht zur Genüge aus obigen Auseinandersetzungen hervor. Sie äussert sich auf dem Quer-

schnitt nicht allein in der Abknickung der Bogenwurzeln, sondern auch in der rotatorischen Lokomotion des Wirbelkörpers (Fig. 35).

Diese rotatorische Lokomotion hat zur Folge das Nachrücken der konkavseitigen Bogenwurzel nach vorn und ist in Verbindung mit der Pressung, wie wir gesehen haben, die wichtigste Ursache der Asymmetrie.

Die Pressung erfolgt hauptsächlich auf Kosten des Wirbelbogens. Wie kommt dies zu Stande?

Es unterliegt keinem Zweifel, dass der Wirbelkörper eine grössere Verschiebung erleidet als der Wirbelbogen. Auf Seite der Konkavität muss in Folge dessen der Wirbelbogen zwischen der Epiphysengrenze und den Gelenkfortsätzen ausgezogen und gedehnt werden.

Der unmittelbar an der konkavseitigen Epiphysengrenze gelegene Abschnitt des Wirbelbogens wird nun aber, indem er der Dislokation des Wirbelkörpers folgt, nicht nur nachgezogen, sondern gleichzeitig auch platt gedrückt. Es findet Kantenpressung statt bei verminderter Elastizität. Hegen wir einen Zweifel darüber, dass sich der dem Wirbelkörper angrenzende Theil der Bogenwurzel um ebenso viel in die Breite entwickelt, als er an Höhe verliert, so brauchen wir uns nur den erheblichen Defekt kenntlich zu machen, der entsteht, wenn wir die Keilwirbel, d. h. den 10. und 11. Brustwirbel des oben zergliederten Präparates, so aufeinander setzen, dass die vorderen Mittellinien zusammen eine Gerade bilden.

Diese Veränderungen im Sinne der rotatorischen Bewegung des Wirbelkörpers und der Pressung sind mechanischer Natur. In der Litteratur ist darüber noch keine Einigung erzielt, da man sich von der Annahme eines abnormen Wachstums nicht frei machen konnte.

Nicoladoni spricht von einem Knochenstück, das sich zwischen Bogenepiphyse und Bogenwurzel eingeschoben hat. Albert sagt: „Das Knochenstück hat sich zu Gunsten des konkaven Theiles des Wirbels entwickelt.“ „Wir erblicken in der gesammten flächenhaften Ausdehnung des eingeschalteten Knochenstückes den Ausdruck der Pressung und glauben, dass dieses Stück nach allen Richtungen in die Fläche wächst, ja am Rande förmlich überquillt.“ Hoffa erwähnt, dass sich zwischen der konkavseitigen Bogenepiphyse und der gleichnamigen Bogenwurzel eine neue Knochenmasse anlagert. Lorenz' Ansicht ist in folgenden Worten enthalten: „Es geht also von der konkavseitigen Bogenwurzelepiphyse eine sowohl gegen den Wirbelkörper als auch gegen den Wirbelbogen gerichtete Knochenproduktion aus.“

Eine exceptionelle Knochenneubildung anzunehmen, ist nicht nothwendig. Die vorstehenden Ansichten konnten sich nur bilden auf Grund des Studiums derjenigen Asymmetrie, die sich auf einzelnen Querschnitten darbietet.

Wenn der Wirbelkörper gegen den Wirbelbogen eine rotatorische Bewegung nach der Konvexität hin ausführt, so wird die Mittellinie auf dem Querschnitt keine gerade Linie mehr darstellen, sondern eine Kurve. Engel, Hüter, Nicoladoni, Herth, Hoffa und Albert theilten den Wirbelkörper aber durch gerade Linien. Wir können uns keinem dieser Autoren anschliessen. Wenn Albert, von dem Hoffa sagt, dass er uns das anatomische Vorn des skoliotischen Keilwirbels kennen gelehrt habe, bekennt, dass ihm förmlich die Schuppen von den Augen gefallen seien, als er entdeckte, wie leicht die Mitte vorn zu bestimmen ist, so kann ich darin nur den Beweis erblicken, wie leicht es ist, sich in einen Irrthum zu vergraben. Albert findet am skoliotischen Brustwirbel das „Mitte vorn" an der Kante, an welcher sich die rechte Seite der Vorderfläche des Wirbelkörpers zur linken umwendet. An dieser Grenze liegt aber zwar die Grenze zwischen rechts und links am deformirten Wirbel, dagegen nicht die ursprüngliche Mitte.

Ziehen wir an der oberen Basalfläche des 11. Brustwirbels (Fig. 30) des oben erwähnten Präparates die Albert'schen Mittellinie, so würde sie eine Richtung einnehmen, die der Linie *a b* in Fig. 36 entspricht. Bei dieser Theilung käme auf die konkave Seite kaum ein Drittel der Substanz des ganzen Wirbelkörpers zu liegen, wenn man die jenseits der Epiphysengrenze gelegene Bogenwurzel vom Wirbelkörper abrechnet.

An diesem Wirbel, wie auch an allen übrigen Wirbeln des genannten Präparates ist die ursprüngliche Mitte des Wirbelkörpers an kleinen, punktförmigen Impressionen noch mit aller Deutlichkeit nachzuweisen. Es ist auch unschwer zu erkennen, dass die vom normalen Knochenwachstum herrührenden Impressionen in der Massenmitte des Wirbelkörpers gelegen sind. Ihre Lage entspricht ausserdem der Mitte des Nucleus pulposus. Gegen die Anerkennung dieser Sätze könnte man sich auf Grund des Studiums der Litteratur eingenommen fühlen. Trotzdem muss es als richtig bezeichnet werden, dass die von vorn nach hinten in Gestalt einer Kurve ziehende Mittellinie zwischen zwei skoliotischen Wirbeln durch den Nucleus pulposus geht, und dass sie in den Spalt mündet, der an skoliotischen Wirbelsäulen nach der Maceration auf der Höhe der Konvexität sichtbar wird als die Stelle, in welcher der Kern der betreffenden Syndesmose liegt.

Durch folgendes einfache Experiment können wir der Probe halber die Mitte des Wirbelkörpers kenntlich machen. Füllen wir die hinteren, in der Mittellinie des Wirbelkörpers gelegenen Venenemissarien mit Tinte und befördern dieselbe weiter in den Wirbelkörper hinein durch Aufstossen auf den Tisch, so können wir beobachten, dass an der oberen oder unteren Endplatte des Wirbels ein schwarzer Punkt entsteht, an dem die Tinte durchdringt. Das ⁄-Zeichen im 11. Brustwirbel in Fig. 27 deutet die Stelle an, an

welcher bei einem derartigen Versuch der Tintenfleck zum Vorschein kam. Er liegt nicht im Bereich der Albert'schen Mittellinie.

Können wir nun auch die Mitte des Wirbelloches bestimmen, so wird es ein Leichtes sein, die mittlere Kurve für den ganzen Wirbel zu konstruiren. Wir brauchen nur zurückzugreifen auf das, was wir bereits erwähnt haben. Wir suchten nämlich den Mittelpunkt des Wirbelloches an der Stelle, an welcher sich die beiden grössten Durchmesser in frontaler und sagittaler Richtung kreuzen (Fig. 30).

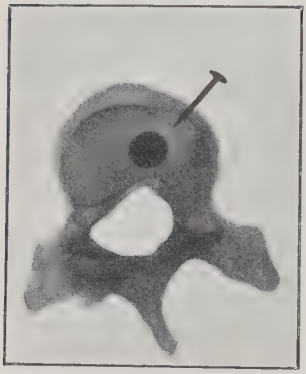

Fig. 37.

Die „Mitte hinten" am Wirbelkörper ist an der Einknickungsstelle des Wirbelloches, wo die Venenemissarien liegen, leicht zu finden. Die Mitte des Bogens ist durch die Incisura semilunaris gegeben.

Wir konstruiren demnach eine Kurve, wie sie in Fig. 30 und Fig. 36 sichtbar ist. Das Röntgenbild, welches vom 10. Brustwirbel hergestellt wurde (Fig. 37), giebt die geschilderten Verhältnisse wie bei der Betrachtung von oben ebenfalls wieder. Die Mittelpunkte der Wirbelkörper sind hier durch Metallstifte markirt.

Dass durch diese Kurve auch das Wirbelloch in zwei asymmetrische Hälften abgetheilt wird, versteht sich von selbst. Für die Asymmetrie des Wirbelloches liegt der Hauptgrund ebenfalls in der rotatorischen Abknickung nach der Konvexität und in der Pressung der konkavseitigen Bogenwurzel. Das Wirbelloch bildet das von Lorenz und Anderen beschriebene Ovoid.

# VII.

## Klinische Formen.

Klinisch tritt uns die Skoliose selbstverständlich in den gleichen Kurven entgegen wie pathologisch-anatomisch.

In der Litteratur finden wir aber häufig die Bemerkung, dass die kindliche Skoliose aus einer C-förmigen Verkrümmung der Wirbelsäule hervorgehe, welche als Totalskoliose bezeichnet wird. So sagt z. B. Schildbach[1]): „Von wirklicher Seitenverbiegung ist die häufigste Form des Säuglings- und früheren Kindesalters die totale linksseitige Skoliose; total, weil sie sich über die ganze Wirbelsäule erstreckt, linksseitig, weil die veranlassenden Ursachen fast immer derart sind, dass sich eben nur eine linksseitige Verbiegung bilden kann." „Diese linksseitige Total-Skoliose zeigt die Wirbelsäule in einem langen, gleichmässigen Bogen verlaufend." Schildbach verwirft die Lehre von den kompensirenden Krümmungen, indem er sich der Meinung Engel's anschliesst, dass nichts zu kompensiren sei, und dass jede Skoliose für sich entstehe. Lorenz bemerkt, dass fast immer ein bestimmtes Segment der Wirbelsäule primär von der Abweichung betroffen sei. Man spreche dann von einer primären Dorsal- oder Lumbalskoliose. In selteneren Fällen bilde die Wirbelsäule in ihrer ganzen Länge einen flachen seitlichen Bogen. Diese Krümmungsform bezeichne man als einfache Totalskoliose. „Wird der ursprünglich ganz flache Bogen eines seitlich abgewichenen Wirbelsäulensegmentes allmählich schärfer gekrümmt, so entstehen in den anschliessenden Abschnitten Gegenkrümmungen, welche mit ihrer Konvexität die Mittellinie nach der entgegengesetzten Seite überschreiten. Aus der einfachen Skoliose wird eine zusammengesetzte." Demnach unterscheidet Lorenz drei Formen.

Es sollen nur noch die Worte Landerer's[2]) über die kindliche Totalskoliose hier Platz finden: „Hält man das Kind schief auf dem Arm, oder

---

[1]) Die Skoliose. Leipzig 1872.

[2]) Mechanotherapie. Leipzig 1894.

kommt durch irgend eine Ursache eine schiefe Haltung zu Stande, so entwickelt sich, so lange der Stab gerade ist, eine gleichmässige Ausbiegung der ganzen Wirbelsäule nach der Seite, die bekannte Totalskoliose kleiner Kinder, gerade wie wenn man einen gewöhnlichen Stab von oben nach unten zusammendrückt.' Nach der Abbildung, die Landerer giebt, beschreibt die Totalskoliose eine C-förmige Kurve.

Es ist allerdings zuzugeben, dass bei einem Kind, das den Rumpf selbständig noch nicht aufrecht halten kann, eine C-förmige Totalkyphose auftritt, wenn der Rumpf des Kindes nach vorn fällt (Fig. 38 *a b*). In dieser Situation, in welcher ein Kind nicht lange erhalten werden kann, wird die Wirbelsäule mit dem Kreuzbein zusammen einen annähernd gleichmässigen Bogen bilden. Sobald das Kind aber in die Lage gekommen ist, aufrecht zu sitzen, so ist die C-Form verschwunden und es entsteht eine Kurve, welche unter normalen Verhältnissen zwei Wendepunkte besitzt (Fig. 38 *a c*).

Fig. 38.

Es kann auch zugegeben werden, dass das Tragen der Kinder auf dem linken Arm Erwachsener die Veranlassung abgibt zur Ausbildung einer linkskonvexen Lumbalverkrümmung. Die Voraussetzung ist jedoch nicht zutreffend, dass die frühzeitig im Leben eines rachitischen Kindes auftretende bleibende Skoliose aus einer C-förmigen Verkrümmung entstanden ist. Ihre Form erhält die Skoliose nicht allein durch das passive Hinüberfallen, sondern auch durch das aktive Einknicken der Wirbelsäule. Die Beanspruchung auf Zerknickung darf jedenfalls auch klinisch nicht ausser Acht gelassen werden. Der Hinweis darauf ist schon gerechtfertigt durch den Umstand, dass die winkelige Abknickung der Wirbelsäule nach der Seite hin (Fig. 38 *a a' c*) nicht dicht über dem Kreuzbein erfolgt. Eine Kurve mit einer Spitze wird sich um so leichter ausbilden können, je früher und je heftiger der skoliotische Prozess beginnt.

Fig. 39 und Fig. 40 stellen eine Skoliose dar, deren Anfang in das erste Lebensjahr hinaufreicht. Durch Knickung der Wirbelsäule nach vorn und nach der linken Seite hin ist an der Grenze der Brust- und Lendenwirbelsäule eine winkelige Kypho-Skoliose entstanden. Oberhalb und unterhalb des kypho-skoliotischen Buckels ist die Wirbelsäule lordotisch, was sich auch in der hochgradigen Hühnerbrust und in der in der Höhe des Nabels quer durch die Bauchgegend ziehenden tiefen Falte, ferner in der stärkeren Beckenneigung zu erkennen giebt. Das stark gehobene Brustbein springt, wie einem Schrägdach vergleichbar, nach vorne vor. Aber die Knickungsstelle ist aus der Medianlinie nur wenig abgewichen. Die Rotation, welche von der Seitenausweichung des Scheitels der Verkrümmung abhängig ist, kann deshalb nur eine geringgradige sein.

Die Verkrümmung hat denselben Charakter wie die in Fig. 4 dargestellte Kypho-Skoliose. An diesem Präparat haben wir hervorgehoben, dass die Hüftgelenkpfannen nach oben ausgeweitet sind, und dass der obere Rand der rechten Gelenkpfanne höher steht als der obere Rand der linken. Daraus können wir mit Wahrscheinlichkeit schliessen, dass das Becken nach links geneigt war, nach der Seite, nach welcher die Spitze der

Fig. 39.

Fig. 40.

skoliotischen Kurve sich hinwendet. Während nämlich hier die Neigung des Beckens nach vorn mit einer entgegengesetzt gerichteten Kyphose kombinirt ist*) (Fig. 4), ist in der Regel die Neigung des Beckens nach der Seite kombinirt mit einer nach der gleichen Seite hin gerichteten Skoliose. In Fig. 39 sehen wir in der That, dass bei ungezwungener Haltung das Körpergewicht hauptsächlich auf dem linken Bein ruht, das Becken ist rechts gesenkt. Im Liegen steht der linke Trochanter major um etwa 1 cm höher als der rechte. Die stärkere Belastung des linken Beines hat schon an und für sich, abgesehen von der Beckensenkung, die Spreizung des rechten Beines zur Folge. Dadurch wird aber die Ausbildung eines Genu valgum eingeleitet, eine häufige Begleiterscheinung rachitischer Skoliosen.

Die Figuren 39 und 40 betreffen einen 8 Jahre alten Knaben, dessen Mutter angiebt, dass die Verkrümmung bald nach der Geburt desselben

*) In Fig. 44 ist die Neigung des Beckens nach vorn mit einer Lordose kombinirt.

begonnen hatte und schon vor Ablauf des ersten Lebensjahres in dem Masse ausgebildet war, in dem sie sich heute präsentirt. Der Typus der Verkrümmung war somit schon im ersten Lebensjahre vorgeschrieben. Beckensenkung und Genu valgum sind sekundäre Erscheinungen, hervorgerufen durch die Antheilnahme der unteren Extremitäten an der Verkrümmung.

Fig. 41.

Fig. 41 betrifft einen 19 Jahre alten Schreiber, welcher seit seiner frühesten Jugend eine Verkrümmung des obersten Abschnittes der Wirbelsäule zeigt. Die Wirbelsäule in der Gegend des 1. und 2. Brustwirbels ist nach vorn und nach links winkelig geknickt. Unterhalb der Knickungsstelle ist die Wirbelsäule stark lordotisch, an der Knickungsstelle ist die Rotation und die Buckelbildung der obersten Rippen deutlich zu erkennen. Die rechte Schulter steht höher als die linke, während die Schulterblätter gleich hoch stehen. Es handelt sich hier ebenfalls um den Effekt von Rachitis, aber die Abknickungsstelle liegt ziemlich hoch, nämlich am oberen Ende der Brustwirbelsäule, während sie in dem vorhergehenden Falle am unteren Ende derselben zu finden war.

Bei grösserer Widerstandsfähigkeit der Wirbelsäule, wie sie bei späterem Beginn der Skoliose gewöhnlich zu finden ist, rückt die Knickungsstelle mehr in die Mitte der Gesammtwirbelsäule.

Die Krümmung in der Mitte, die dorso-lumbale Krümmung, ist nach Lorenz charakteristisch für die rachitische Skoliose, während bei der habituellen Skoliose hauptsächlich das Lenden- oder Brustsegment betroffen sein soll. Die primäre rachitische Krümmung ist nach Lorenz immer eine dorso-lumbale.

Hiezu ist zu bemerken, dass die rachitische Skoliose nicht an die Mitte der Wirbelsäule gebunden ist, ferner dass zu einer Zeit, in welcher die sogenannte habituelle Skoliose auftritt, die Knickung der Wirbelsäule nicht mehr einen so hohen Grad erreichen kann wie bei der rachitischen Skoliose früherer Jahre. Je widerstandsfähiger die Wirbelsäule ist, desto mehr macht sich, wie schon gesagt wurde, der Querschnitt geltend und das Maximum der Kurve rückt nach oben, oder aber es findet, wie an dem Präparat der Fig. 14, eine Hineindrängung der Lendenwirbelsäule in das Becken statt. Im Uebrigen ist ja doch auch die lumbo-dorsale Krümmung unterhalb der Mitte der Wirbelsäule gelegen. Lorenz sagt selbst, dass die Krümmung „so ziemlich“ in der Mitte gelegen sei.

Fig. 42 stellt eine typische rachitische Skoliose dar, welche nach Lorenz als primäre lumbo-dorsale Skoliose zu bezeichnen wäre. Fig. 43

müsste als primäre rechtskonvexe Dorsalskoliose bezeichnet werden, wenn wir sie mit den Lorenz'schen Abbildungen vergleichen, z. B. mit Fig. 17 in Eulenburg's Realencyklopädie, 3. Aufl., Artikel: Rückgratsverkrümmungen. Die Skoliose in dem einen Fall (Fig. 43) ist aber nur die Fortsetzung der Skoliose in dem anderen (Fig. 42). Beide Verkrümmungen gehören ein und derselben Patientin an. Der Zeitraum zwischen beiden Aufnahmen beträgt 7 Jahre. Das erste Mal war die Patientin 6, das andere Mal 13 Jahre alt. Das Maximum der skoliotischen Kurve oder der Centralpunkt der Skoliose oder

Fig. 42.

Fig. 43.

nach Lorenz die primäre Verkrümmung liegt links und ist kyphotischer Natur. Die Skoliose des Brustsegments ist lordotisch. Eine lordotische Brustskoliose ist aber niemals eine primäre, wenn sie nicht gerade auf traumatischem Wege zu Stande gekommen ist. Die Skoliose, die in den Abbildungen 42 und 43 repräsentirt wird, ist hinsichtlich ihres Mechanismus völlig analog den in den Figuren 1, 4 und 5 abgebildeten winkeligen Skoliosen.

Ist die kyphotische Brustskoliose kombinirt mit einer stärkeren lordotischen Lendenskoliose, so stellt sie ebenfalls keine primäre Verkrümmung dar.

Da also in der Kurve der ersten Abweichung die Gegenkrümmung bereits ausgedrückt ist, so lässt sich von primärer und sekundärer Entstehung nicht reden. Behalten wir aber diese Ausdrücke bei, so muss unter primärer Verkrümmung das Maximum, unter sekundärer Verkrümmung das Minimum der skoliotischen Kurve verstanden werden. Klinisch kann eine

Skoliose sofort genügend charakterisirt werden, wenn wir angeben, wo das Maximum und das Minimum ihrer Kurve zu finden ist.

Statt des Tragens kleiner Kinder wird für die Zeit der Schule das schiefe Sitzen auf der Schulbank zur Erklärung der linkskonvexen Lumbo-Dorsalskoliose herangezogen. Wir brauchen darauf nicht näher einzugehen, da für die Erklärung des Mechanismus und für die Morphologie der Skoliose nur so viel in Betracht kommt, dass eine Knickung der Wirbelsäule an der Schulbank ebenso gut entstehen kann wie am Arm einer Pflegerin. Der Kernpunkt liegt hier ja nur in dem Nachweis der statischen Einflüsse, die sich bei der aufrechten Haltung der Wirbelsäule geltend machen, und der Wirkung dieser Einflüsse. Selbstverständlich entsteht die Skoliose in diesen Fällen dadurch, dass sich die Wirbelsäule aus der gebeugten oder geknickten Stellung nicht mehr vollständig emporrichten kann.

Fig. 44.

In dem folgenden Fall ist die Schulbank nicht Schuld an der Skoliose (Figur 44). Die 10 Jahre alte Patientin leidet an einer rachitischen Verkrümmung des linken Oberschenkels im Sinne eines O-Beines und weist in Folge dessen eine starke Senkung des Beckens nach links auf, sowie eine einseitige Neigung desselben nach vorn. Die Skoliose ist die mechanische Folge dieser Zustände. Die Wirbelsäule ist hier ebenfalls winkelig geknickt, aber in der Lendenwirbelsäule nach rückwärts und zugleich nach rechts. Wir haben hier somit eine Lordo-Skoliose vor uns.

Zu erwähnen ist noch, dass bei der Entstehung der habituellen Skoliose beim weiblichen Geschlecht vielleicht das verstärkte Höhenwachstum der Lendenwirbelsäule in den Pubertätsjahren von Bedeutung ist. Beim Weibe ist in Folge dieses Wachsthums die Lendenwirbelsäule höher und stärker gekrümmt. Auch das Tragen des Korsetts kann zur Vergrösserung der Lendenlordose, zur Abflachung der physiologischen Brustkyphose und schliesslich zur Ausbildung einer habituellen Lordoskoliose beitragen.

Wie leicht beim Beginn einer Skoliose ein Wechsel stattfindet zwischen der die Skoliose begleitenden Kyphose und Lordose, ferner wie das Maximum der skoliotischen Kurve bei dem nach vorn gehenden Horizontalschub in die Lendenwirbelsäule, bei dem nach hinten gehenden Horizontalschub in die Brustwirbelsäule zu liegen kommt, kann an einem Beispiel gezeigt werden. Fig. 45 und Fig. 46 betreffen ein $4^1/_2$ Jahre altes Mädchen, welches bei der photographischen Aufnahme zuerst den lordotischen Typus zeigte (Fig. 45), dann aber, als Ermüdung und Unwille des Kindes eingetreten war, den kyphotischen (Fig. 46). Die Verkrümmung könnte leicht

als Totalskoliose bezeichnet werden, aber sie ist weder in dem einen noch in dem anderen Fall eine C-förmige. In dem einen Fall bestand ein flacher Rücken, in dem anderen ein runder. Darin kann aber in mechanischer Hinsicht nicht die primäre Ursache der Skoliose gesucht werden. Die primäre Ursache liegt in der Art der statischen Beanspruchung.

Es ist fernerhin nicht unwahrscheinlich, dass die Richtung der winkeligen Knickung und der Sitz derselben in der Gegend der unteren Brust- und der oberen Lendenwirbelsäule aufzufassen ist als Resultirende der Bewegungen nach der Seite, nach vor- und rückwärts. Die Ueber-

Fig. 45.

Fig. 46.

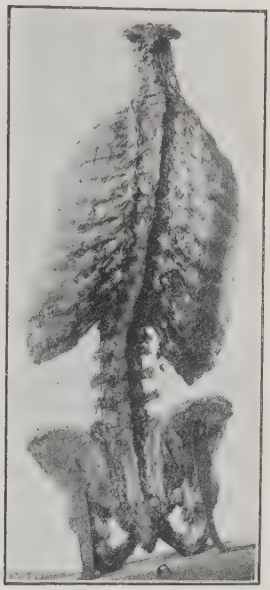

Fig. 47.

gangsstelle der Brust- und Lendenwirbelsäule wird dadurch zu einer Prädelektionsstelle für die winkelige Knickung. Experimentell habe ich an zwei, aus Becken, Wirbelsäule und Thorax bestehenden Präparaten die Wirbelsäule unter Verstärkung der antero-posterioren Krümmungen nach der Seite hin zu knicken versucht. Schiefstellung der Unterlage erleichtert diesen Versuch. In beiden Fällen erfolgte die Knickung nach der Seite an der Grenze der Brust- und Lendenwirbelsäule (Fig. 47).

Auch in dem zuletzt erwähnten klinischen Fall (Fig. 45) besteht ein Genu valgum im Zusammenhang mit der Beckensenkung. Die Beckensenkung liegt hier jedoch links, auf der stärker belasteten Seite. In Bezug auf die Beckensenkung kann im Allgemeinen gesagt werden, dass die Skoliose nur eine Theilerscheinung der allgemeinen Verkrümmung ist.

Fig. 46 kann als S-förmige Verkrümmung des ganzen Körpers aufgefasst werden, deren Inflexion am Uebergang der Wirbelsäule in das Kreuzbein zu suchen ist, Fig. 45 aber als winkelige Abknickung, deren Kurve der Kurve in Fig. 1 entspricht.

Schliesslich kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die Haltungsanomalie, die wir soeben geschildert haben, vornehmlich bei aufrechter Haltung des ganzen Körpers entstanden ist. Wir haben jedoch keinen Grund, daran zu zweifeln, dass beim Sitzen auf der Schulbank die Ausbildung der Deformität beschleunigt wird.

Fig. 48.

Die Verschiedenartigkeit der klinischen Ursachen können wir hier nicht weiter verfolgen. Es ist kaum möglich, immer nur eine mechanische Schädlichkeit für die Ausbildung der skoliotischen Verkrümmung anzuschuldigen. Schädlichkeiten findet ein Kind, dessen Wirbelsäule nicht die normale Knickfestigkeit besitzt, überall, im Haus, auf der Strasse und in der Schule. Das Endresultat ist immer die Ausbildung einer der typischen Formen der Skoliose.

In klinischer Beziehung ist es von grösster Wichtigkeit, zu fragen: Auf welcher Körperseite liegt das Maximum der skoliotischen Kurve? Es kommt zunächst keinesfalls auf die Länge und Höhe eines Bogens an, der ja im Verlauf einer Skoliose, wie die Figuren 42 und 43 zeigen, mannigfache Veränderungen aufweisen kann.

Erst in zweiter Linie stellen wir die Frage: Gehört die klinisch sich darbietende Skoliose dem kyphotischen oder lordotischen Typus an?

Können wir die erste Frage beantworten, so wird auch die zweite Frage unschwer zu beantworten sein, ebenso wie sich weiter bestimmen lässt, ob eine winkelige oder eine bogenförmige Abknickung vorliegt, und in welcher Höhe dieselbe zu suchen ist.

Das Maximum der skoliotischen Kurve bei der in Fig. 48 abgebildeten 16 Jahre alten Patientin ist, wie in Fig. 43, links gelegen. Fig. 48 und Fig. 43 lassen auch denselben Typus erkennen. Es handelt sich in beiden Fällen um Kypho-Skoliosen. Die Abknickung erfolgte in Winkelform an

der Grenze der Brust- und Lendenwirbelsäule (Fig. 42). Für die Beurtheilung ist von Bedeutung die lordotische Inflexion der Brustwirbelsäule, die nicht die Fortsetzung der Lendenlordose darstellt, da die Lordose der Lendenwirbelsäule sich nicht verstärkt zeigt.

Demselben Typus und derselben Unterabtheilung gehört an die in Fig. 39 und in Fig. 40 abgebildete Skoliose. Der zweiten Unterabtheilung des kyphotischen Typus dagegen gehören an die durch Fig. 46 und die Figuren 49 und 50 repräsentirten Formen. Fig. 49 und Fig. 50 betreffen wieder ein und dieselbe Patientin, von der zu verschiedenen Zeiten

Fig. 49.

Fig. 50.

eine photographische Aufnahme gemacht wurde. Während der zwischen der ersten (Fig. 49) und der zweiten Aufnahme (Fig. 50) gelegenen Zeit (8 Monate) trug die 17 Jahre alte Patientin ein Hessing'sches Korsett. Auf eine Kritik dieser Behandlung können wir an dieser Stelle nicht eingehen, da wir nur zu zeigen haben, dass die klinische Eintheilung der pathologisch-anatomischen in allen Stücken entspricht.

Die Lendenlordose zeigt sich auch bei der Patientin in Fig. 49 nicht verstärkt. Der Horizontalschub an der Wirbelsäule geht nach rückwärts und nach rechts. Aber die Wirbelsäule ist in diesem Falle wegen des verhältnissmässig späten Auftretens der rachitischen Deformität widerstandsfähiger gewesen, als sie es in anderen Fällen war, welche eine winkelige Knickung aufweisen. Die Form der Skoliose entspricht der in Fig. 11 wiedergegebenen. Nur liegt das Maximum der Kurve auf der anderen Seite.

Zum lordotischen Typus gehört die Skoliose, wie sie sich in Fig. 44 darbietet. Die Abknickung ist hier eine winkelige.

In Fig. 51, bei einem 17 Jahre alten Kaufmann, der seine Verkrümmung auf das Tragen schwerer Gegenstände (Tuchballen) zurückführt, ist die hochgradige Lordo-Skoliose mehr bogenförmig. Es ist hier ebenfalls eine erhöhte Beckenneigung vorhanden. Charakteristisch ist hier der flache, in dorsoventraler Richtung verkürzte, in kranio-kaudaler Richtung langgezogene Thorax als das Gegenstück der hohen Hühnerbrust in dem Fall der Fig. 40. Die Lordo-Skoliose hat ihr Maximum links. Die Inflexion in der oberen Hälfte der Gesammtwirbelsäule ist kyphotisch. Ich führe dieses Beispiel nur an wegen der hochgradigen Lordose. In anderen Fällen ist das Becken weniger stark nach vorn geneigt. Entweder springt aber hier die Symphyse stark nach vorn vor und die Schultern sind zurückgeworfen, oder die Lendenwirbelsäule ist wie in Fig. 14 in das Becken hineingedrängt bei mehr oder weniger starkem Vortreten der oberen Konturen des Beckens.

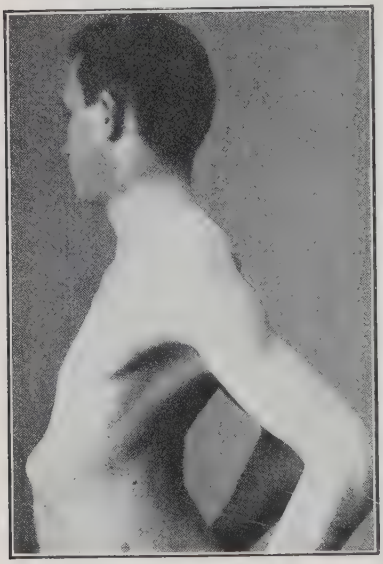

Fig. 51.

Der lordotische Typus hat seinen Centralpunkt in der Regel in der Lendenwirbelsäule und stellt eine Verstärkung der normalen Lendenlordose dar. In einem Fall von retardirter Skoliose bei Wirbelfraktur fand ich indess das Maximum der lordotischen Kurve auch in das Bereich der Brustwirbelsäule verlegt.

Ich muss bemerken, dass die Photographie nur ein unzureichendes Mittel ist, um die einzelnen Typen kenntlich zu machen. Noch weniger hätten aber sogenannte Messbilder zum Vergleich mit den pathologisch-anatomischen Präparaten herangezogen werden können. Um die einzelnen Typen kennen zu lernen, ist es unerlässlich, den Mechanismus der Skoliose am pathologisch-anatomischen Präparat zu studiren. Eine der Aufgaben der klinischen Betrachtung ist es dagegen, die Häufigkeit der einzelnen Typen und Unterabtheilungen festzustellen. Schon Lorenz hat darauf hingewiesen, dass primäre Lendenverkrümmungen leicht übersehen werden. Wir wollen darunter verstehen, dass es häufig übersehen wird, dass das Maximum der skoliotischen Kurve nicht in der Brustwirbelsäule, sondern unterhalb derselben gelegen ist. Wir haben oben selbst auf eine Abbildung von Lorenz hingewiesen, welche als Beispiel für dieses Uebersehen gelten kann. Vergleichen wir, um ein weiteres Beispiel anzuführen, Fig. 21 der

Dolega'schen Arbeit über die kindliche Skoliose[1]) mit unserer Figur 43, so erkennen wir auf den ersten Blick die völlige Analogie der Verhältnisse. Dolega bezeichnet die Verkrümmung als primäre rechtskonvexe Dorsalskoliose. Wir haben es jedoch zweifellos zu thun mit einer Abknickung, deren Maximum links gelegen ist an der Grenze der Brust- und Lendenwirbelsäule. Auch Abbildung 22 bei Dolega stellt keine primäre Dorsalskoliose dar.

Bei frühzeitiger Entstehung ist die links-konvexe, winkelige, lumbo-dorsale Kypho-Skoliose (Fig. 42, Fig. 43, Fig. 48), auch nach unserer Erfahrung die häufigste Form der Skoliose. Bei verhältnissmässig spätem Auftreten der Verkrümmung, bei der sogenannten habituellen Skoliose, wird häufiger die rechtskonvexe, bogenförmige, dorsale Kypho-Skoliose (Fig. 49, Fig. 50) beobachtet. Exakte Untersuchungen über die Häufigkeit können wir jedoch nicht beibringen und sind auch in der Litteratur bei der mangelnden Sicherheit in der Auffassung des Mechanismus der Skoliose nicht zu finden.

Vom Kopf bis zum Fuss ist bei der Skoliose das Skelett verändert. Wir müssten also, um eine erschöpfende Darstellung der Morphologie der Skoliose zu geben, die sonstigen Veränderungen am Rumpf und die Veränderungen an den Extremitäten genauer registriren. Bei der Betrachtung des ganzen Körpers würden wir uns die Aufgabe ebenfalls wesentlich erleichtern, wenn wir wieder von den einfachsten statischen Gesetzen ausgehen würden. Wir betrachten unsere Aufgabe aber vorläufig mit der Erklärung der statisch-mechanischen Vorgänge an der Wirbelsäule bei der Entstehung der Skoliose als beendet. Wir glauben, damit zugleich den schwierigeren Theil erledigt zu haben.

---

[1]) Zur Pathologie und Therapie der kindlichen Skoliose. Leipzig 1897.